

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE CINCO PERFILES DE  
PROTEÍNA IDEAL Y DOS PROGRAMAS DE ALIMENTACIÓN EN  
POLLOS DE CARNE”**

Presentada por:

**ESTEBAN MARTÍN CISNEROS RODRIGUEZ**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO ZOOTECNISTA**

Lima-Perú

2019

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE NUTRICIÓN**

**“EVALUACIÓN COMPARATIVA DE CINCO PERFILES DE PROTEÍNA  
IDEAL Y DOS PROGRAMAS DE ALIMENTACIÓN EN POLLOS DE  
CARNE”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO  
DE INGENIERO ZOOTECNISTA**

**ESTEBAN MARTÍN CISNEROS RODRIGUEZ**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

---

**Dr. Carlos Vílchez Perales**  
**Presidente**

---

**Ing° Víctor Vergara Rubín**  
**Miembro**

---

**Ing° Marcial Cumpa Gavidia**  
**Miembro**

---

**Dr. Víctor Guevara Carrasco**  
**Patrocinador**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mis padres por su constante amor e invaluable apoyo en mi formación y crecimiento como profesional y como persona. A mi tía Luz, quien vio en vida como ingresé y ahora desde el cielo fue testigo de mi titulación. A mis abuelos quienes estuvieron a mi lado todo el tiempo, regalándome momentos que siempre estarán en mi memoria. Y a cada persona que de alguna u otra forma ayuda a que me realice como profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

- Agradezco en primer lugar a Dios, por brindarme la oportunidad de estar rodeado de excelentes personas quienes están a mi lado en momentos buenos y sobretodo en los malos.
- Al Dr. Víctor Guevara Carrasco por ser mi guía en esta investigación, por ser un gran profesor y sobretodo un gran amigo.
- Al Dr. Vílchez, al Ing. Cumpa y al Ing. Vergara por sus enseñanzas y consejos durante la elaboración del presente trabajo; y ayudarme a ser mejor profesional y persona.
- A mis padres, quienes siempre tienen palabras de apoyo hacia mí ayudándome en cada momento de mi vida.
- A los ingenieros Carmen Álvarez y Julio Concha por su confianza y apoyo durante mi paso como bolsista en la Unidad Experimental de Cerdos; y por ser grandes amigos y consejeros.
- A todos mis amigos por apoyarme durante todo el desarrollo de la prueba y brindarme palabras de aliento.

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1	Requerimientos nutricionales de los pollos de carne.....	3
2.1.1	Requerimientos de aminoácidos.....	4
2.2	Determinación de los requerimientos de aminoácidos.....	6
2.2.1	Método factorial.....	7
2.2.2	Método de dosis-respuesta.....	7
2.2.3	Concentración de aminoácidos en el plasma.....	8
2.2.4	Método de delección o supresión.....	8
2.3	Concepto de proteína ideal y sus aplicaciones.....	9
2.4	Efecto del número de fases del programa de alimentación en la respuesta productiva de pollos de carne.....	18
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>23</b>
3.1	Lugar y duración del experimento.....	23
3.2	Animales en evaluación y su distribución.....	23
3.3	Instalaciones.....	23
3.3.1	Etapa de 0-21 días.....	23
3.3.2	Etapa de 22-42 días.....	24
3.4	Equipos y materiales.....	24
3.5	Tratamientos.....	24
3.6	Dietas experimentales.....	28
3.7	Análisis proximal de las dietas experimentales.....	28
3.8	Alimentación.....	38
3.9	Parámetros de evaluación.....	38

3.9.1	Peso promedio de las aves.....	38
3.9.2	Ganancia de peso.....	38
3.9.3	Consumo de alimento.....	39
3.9.4	Conversión alimenticia.....	39
3.9.5	Rendimiento de carcasa.....	40
3.9.6	Rendimiento de pechuga.....	40
3.9.7	Retribución económica.....	40
3.10	Diseño estadístico experimental.....	41
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>42</b>
4.1	Rendimiento productivo.....	42
4.2	Peso vivo y ganancia de peso.....	42
4.3	Consumo de alimento.....	50
4.4	Conversión alimenticia.....	53
4.5	Rendimiento de carcasa.....	57
4.6	Rendimiento de pechuga.....	58
4.7	Retribución económica.....	60
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>63</b>
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>64</b>
<b>VIII.</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>75</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b><u>Cuadro</u></b>	<b><u>Pág.</u></b>
CUADRO 1: PERFILES DE PROTEÍNA IDEAL PUBLICADOS PARA POLLOS DE CARNE. ....	16
CUADRO 2: PERFIL DE AMINOÁCIDOS DE LA PROTEÍNA CORPORAL, PROTEÍNA DE LAS PLUMAS Y REQUERIMIENTOS DE MANTENIMIENTO EN POLLOS DE CARNE (EN PARÉNTESIS: RATIOS CON LISINA). ....	22
CUADRO 3: PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL PARA POLLOS DE CARNE BAJO UN PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN DE DOS FASES (COMO % DE LISINA).....	26
CUADRO 4: PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL PARA POLLOS DE CARNE BAJO UN PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN DE TRES FASES (COMO % DE LISINA). ....	27
CUADRO 5: REQUERIMIENTOS DE AMINOÁCIDOS PARA POLLOS DE CARNE EN BASE A LOS PERFILES DE PROTEÍNA IDEAL BAJO UN PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN DE DOS FASES (COMO % DE ALIMENTO). ....	29
CUADRO 6: REQUERIMIENTOS DE AMINOÁCIDOS PARA POLLOS DE CARNE EN BASE A LOS PERFILES DE PROTEÍNA IDEAL BAJO UN PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN DE TRES FASES (COMO % DE ALIMENTO).....	30
CUADRO 7: COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES DE LOS TRATAMIENTOS BAJO UN PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN DE DOS FASES. ....	31
CUADRO 8: CONTENIDO NUTRICIONAL CALCULADO DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES DE LOS TRATAMIENTOS BAJO UN PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN DE DOS FASES.....	32
CUADRO 9: COMPOSICIÓN PORCENTUAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES DE LOS TRATAMIENTOS BAJO UN PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN DE TRES FASES.....	33
CUADRO 10: CONTENIDO NUTRICIONAL CALCULADO DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES DE LOS TRATAMIENTOS BAJO UN PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN DE TRES FASES. ....	35
CUADRO 11: SUPLEMENTO VITAMÍNICO-MINERAL UTILIZADO EN LAS DIETAS EXPERIMENTALES POR TONELADA DE ALIMENTO.....	37
CUADRO 12: EFECTO DEL PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL Y EL PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS POLLOS DE CARNE EN LA ETAPA DE INICIO (0-21 DÍAS). ....	43

CUADRO 13: EFECTO DEL PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL Y EL PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS POLLOS DE CARNE EN LA ETAPA DE CRECIMIENTO (22-42 DÍAS). .....	45
CUADRO 14: EFECTO DEL PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL Y EL PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN SOBRE EL COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO DE LOS POLLOS DE CARNE EN EL ACUMULADO (0-42 DÍAS). .....	48
CUADRO 15: EFECTO DEL PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL Y EL PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN SOBRE LA RETRIBUCIÓN ECONÓMICA.....	61



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b><u>Anexo</u></b>	<b><u>Pág.</u></b>
ANEXO 1: PESOS VIVOS INICIALES, (G). .....	75
ANEXO 2: PESOS VIVOS A LOS 10 DÍAS, (G). .....	75
ANEXO 3: PESOS VIVOS A LOS 21 DÍAS, (G). .....	75
ANEXO 4: PESOS VIVOS FINALES A LOS 42 DÍAS, (G). .....	76
ANEXO 5: GANANCIA DE PESO EN LA ETAPA DE 0-10 DÍAS, (G). .....	76
ANEXO 6: GANANCIA DE PESO EN LA ETAPA DE 11-21 DÍAS, (G). .....	76
ANEXO 7: GANANCIA DE PESO EN EL CRECIMIENTO (22-42 DÍAS), (G). .....	76
ANEXO 8: GANANCIA DE PESO EN EL INICIO (0-21 DÍAS), (G). .....	77
ANEXO 9: GANANCIA DE PESO ACUMULADA DE 0-42 DÍAS, (G). .....	77
ANEXO 10: CONSUMO DE ALIMENTO EN LA ETAPA DE 0-10 DÍAS, (G). .....	77
ANEXO 11: CONSUMO DE ALIMENTO EN LA ETAPA DE 11-21 DÍAS, (G). .....	77
ANEXO 12: CONSUMO DE ALIMENTO EN EL CRECIMIENTO (22-42 DÍAS), (G). .....	78
ANEXO 13: CONSUMO DE ALIMENTO EN EL INICIO (0-21 DÍAS), (G). .....	78
ANEXO 14: CONSUMO DE ALIMENTO ACUMULADO DE 0-42 DÍAS, (G). .....	78
ANEXO 15: CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN LA ETAPA DE 0-10 DÍAS. ....	78
ANEXO 16: CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN LA ETAPA DE 11-21 DÍAS. ....	79
ANEXO 17: CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN EL CRECIMIENTO (22-42 DÍAS). ....	79
ANEXO 18: CONVERSIÓN ALIMENTICIA EN EL INICIO (0-21 DÍAS). ....	79
ANEXO 19: CONVERSIÓN ALIMENTICIA ACUMULADA DE 0-42 DÍAS. ....	79
ANEXO 20: RENDIMIENTO DE CARCASA, (%). .....	80
ANEXO 21: RENDIMIENTO DE PECHUGA, (%). .....	80
ANEXO 22: COMPARATIVO ENTRE TRATAMIENTOS DE PESOS VIVOS A LOS 10 DÍAS, 21 DÍAS Y 42 DÍAS. ....	80
ANEXO 23: COMPARATIVO ENTRE TRATAMIENTOS DE LA PERFORMANCE PRODUCTIVA EN LA ETAPA DE 0 – 10 DÍAS. ....	81
ANEXO 24: COMPARATIVO ENTRE TRATAMIENTOS DE LA PERFORMANCE PRODUCTIVA EN LA ETAPA DE 11 – 21 DÍAS. ....	81
ANEXO 25: COMPARATIVO ENTRE TRATAMIENTOS DE LA PERFORMANCE PRODUCTIVA EN EL CRECIMIENTO (22 – 42 DÍAS). ....	81

ANEXO 26: COMPARATIVO ENTRE TRATAMIENTOS DE LA PERFORMANCE PRODUCTIVA EN EL INICIO (0 – 21 DÍAS). .....	82
ANEXO 27: COMPARATIVO ENTRE TRATAMIENTOS DE LA PERFORMANCE PRODUCTIVA ACUMULADA POR CAMPAÑA (0 – 42 DÍAS).....	82
ANEXO 28: COMPARATIVO ENTRE TRATAMIENTOS DE RENDIMIENTO DE CARCASA Y RENDIMIENTO DE PECHUGA. ....	82
ANEXO 29: RESULTADO DEL ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES DE LOS TRATAMINETOS BAJO UN PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN DE DOS FASES (EN BASE TAL COMO OFRECIDO). ....	83
ANEXO 30: RESULTADO DEL ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES DE LOS TRATAMIENTOS BAJO UN PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN DE TRES FASES (EN BASE TAL COMO OFRECIDO). ....	84

## RESUMEN

Se tuvo como objetivo evaluar los efectos de cinco perfiles de proteína ideal: NRC 1994, COBB, BAKER, CVB, KOREA y dos programas de alimentación (dos y tres fases) en el comportamiento productivo de pollos de carne medido a través del peso vivo (PV), ganancia de peso (GP), consumo de alimento, conversión alimenticia (CA), rendimiento de carcasa y rendimiento de pechuga. En total, 200 pollos Cobb fueron distribuidos bajo un DBCA en 10 tratamientos con cuatro repeticiones por tratamiento, con cinco pollos por repetición. Los resultados fueron analizados mediante el ANOVA con un arreglo factorial de 5x2 y la comparación de medias se hizo usando la prueba de Tukey. No hubo efecto significativo por parte de la interacción de los factores sobre los parámetros evaluados en ninguna etapa. En el periodo de inicio (0-21 días) no se observó diferencia estadística por efecto del perfil de proteína ideal ni el programa de alimentación para ninguna variable de respuesta. En la etapa de crecimiento (22-42 días), el perfil NRC 1994 mostró mejores resultados estadísticos para los parámetros de PV ( $p<0.01$ ), GP ( $p<0.01$ ) y CA ( $p<0.05$ ). Para consumo de alimento no se registró diferencia significativa. En el acumulado de 0-42 días, el perfil NRC 1994 produjo mejores resultados para PV ( $p<0.01$ ), GP ( $p<0.01$ ) y CA ( $p<0.01$ ). No se obtuvo diferencias estadísticas para consumo de alimento en esta etapa. No se encontró diferencia estadística significativa para rendimiento de carcasa y de pechuga. Se concluye que, para toda la etapa de crianza, el perfil de proteína ideal NRC 1994 (con el nivel de lisina ajustado al 110 % en la etapa de inicio) produjo una mejor respuesta estadística para PV, GP y CA; y que el programa de alimentación no tuvo efecto significativo cuando se satisface los requerimientos de aminoácidos bajo un perfil de proteína ideal.

**Palabras claves:** pollos de carne, proteína ideal, programas de alimentación, comportamiento productivo.

## **ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the effects of five ideal protein profiles: NRC 1994, COBB, BAKER, CVB, KOREA and two feeding programs (two and three phases) on performance of broilers measured through live weight (LW), bodyweight gain (BWG), feed intake, feed conversion ratio (FCR), carcass yield and breast meat yield. In total, 200 Cobb broilers were distributed in a randomized block design in 10 treatments with four replicates per treatment, with five chicks per replicate. The results were analyzed by the ANOVA procedure, in a 5 x 2 factorial arrangement and means were compared using the Tukey's test. There was no significant effect for the interaction on parameters evaluated at any phase. In the starter phase (0-21 days) no statistical difference was observed for the ideal protein profile or the feeding program for any response variable. In the grower phase (22-42 days), the NRC 1994 profile showed better statistical results for the parameters of LW ( $p<0.01$ ), BWG ( $p<0.01$ ) and FCR ( $p<0.05$ ). No significant difference was found for feed intake. In the cumulative 0-42 days period, the NRC 1994 profile produced better results for LW ( $p<0.01$ ), BWG ( $p<0.01$ ) and FCR ( $p<0.01$ ). No statistical difference was obtained for feed intake in this stage. No significant statistical difference was found for carcass yield and breast meat yield. It is concluded that, for the whole period, the NRC 1994 ideal protein profile (with the lysine level adjusted to 110 % in the starter phase) produced a better statistical response for LW, BWG and FCR; and that the feeding program had no significant effect when the amino acid requirements were met under an ideal protein profile.

**Key words:** broilers, ideal protein, feeding programs, performance.

## **I. INTRODUCCIÓN**

La industria avícola, principalmente la de pollos de carne en sus fases de comercialización y consumo, tiene un papel fundamental en el aporte de proteína animal de alto valor biológico siendo responsable del 65% de la ingesta de la misma en el Perú. Asimismo, la carne de pollo es la más consumida en el país; viéndose reflejado en el consumo *per cápita* a nivel nacional.

La velocidad de crecimiento del pollo de carne actual es el resultado, en gran medida, de una intensa selección genética. Por ello, la alimentación es importante para lograr el máximo potencial productivo de las aves. La nutrición juega un rol fundamental en la rentabilidad del proceso productivo ya que el alimento constituye, aproximadamente, un 75 % de los costos directos.

En las dietas de pollo de carne la proteína junto con la energía son los componentes que presentan una mayor relevancia económica en el alimento, debido a que tienen un efecto directo en la performance, así como en el costo total del producto final. Es por ello que de manera continua deben llevarse a cabo revisiones y actualizaciones, tanto de los requerimientos nutricionales como también de la composición y valoración nutritiva de los recursos alimenticios utilizados en las dietas.

Se ha definido la proteína ideal como el balance preciso de aminoácidos teniendo como fin satisfacer las necesidades absolutas de estos para mantenimiento y máxima ganancia de proteína corporal. La formulación de alimentos bajo este concepto nos permite disminuir el costo de producción del alimento ya que nos posibilita la reducción de proteína bruta sin perjudicar el rendimiento animal; ya que se satisfará las exigencias de aminoácidos más cercanas al requerimiento real del pollo; resultando también en una menor excreción de nitrógeno al medio ambiente.

Las etapas o fases de alimentación nos permiten una utilización eficiente y efectiva de los alimentos y de los nutrientes. El objetivo de las divisiones que pueda tener un programa de alimentación es proporcionar al ave una cantidad de nutrientes necesarios para una determinada edad. Es por ello que la elección de un adecuado programa de alimentación adquiere suma importancia para que el ave pueda expresar todo su potencial genético, y de esta manera generar un mayor beneficio económico al final de la campaña.

En nuestro país no hay trabajos en donde se hayan evaluado diferentes perfiles de proteína ideal utilizando dietas comerciales bajo programas de alimentación con distintos números de fases. Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue realizar una comparación de cinco perfiles de proteína ideal, aplicadas a dietas prácticas, y de dos programas de alimentación para observar su efecto en el comportamiento productivo de pollos de carne medido a través del peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, rendimiento de carcasa, rendimiento de pechuga y retribución económica.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE LOS POLLOS DE CARNE**

Debido al crecimiento acelerado que tienen las líneas modernas de pollos de carne, causado por el mejoramiento genético, los pollos actuales alcanzan su peso comercial a una edad cada vez más temprana. Esto derivó en que los requerimientos nutricionales se ajusten más a las exigencias que esto demanda. Los requerimientos nutricionales de las aves varían en función al promedio de crecimiento determinado por la edad, factores ambientales y al genotipo. El cumplimiento de las exigencias de energía y de aminoácidos tiene una vital importancia en la alimentación de los pollos, ya que estos nutrientes son los mayores componentes de las dietas de aves y también los más costosos.

En lo que respecta a la energía metabolizable (EM) las aves pueden regular la ingesta de energía ajustando el consumo de alimento, de acuerdo a los cambios de la concentración energética de la dieta. Cuando se especifican los niveles energéticos en la dieta, por ejemplo, en Kcal/kg, se provee de una información limitada en relación a la respuesta que puede tener el pollo. Un sistema con mayor precisión es especificar el consumo de energía diario como kcal/ave y la manipulación de los demás nutrientes basándose en esta energía. Debido a que el consumo de alimento y necesidades energéticas varían diariamente, la situación antes planteada adquiere un grado de dificultad elevado. Por consiguiente, es necesario relacionar los nutrientes de acuerdo a la concentración energética de la dieta (Leeson y Summers, citados por Girano 2004).

La proteína es el segundo nutriente más costoso, después de la energía, en la formulación de dietas por ser uno de los nutrientes que mayor efecto tiene sobre la calidad y la conformación de la canal de las aves (Firman y Boling, 1998; Wijtten *et al.*, 2004). Durante muchos años la formulación de cerdos y aves se hizo en base a proteína bruta (cantidad de nitrógeno x 6.25) lo que conllevaba a dietas con exceso de aminoácidos comparados con los requerimientos de los animales. Gracias a la producción comercial de algunos aminoácidos,

los nutricionistas pudieron formular dietas con niveles de aminoácidos cada vez más próximos a lo requerido (Firman y Boling, 1998).

Costa y Goulart (2010) afirman que los pollos no tienen necesidades para proteína bruta en sí, pero si las tiene para los aminoácidos, y hoy en día se reconoce que el requerimiento de proteína es en realidad requerimientos de aminoácidos esenciales, de ello se desprende que la nutrición moderna del ave debe tener un mayor enfoque sobre los requerimientos de aminoácidos esenciales (Rojas, 1979).

### **2.1.1 REQUERIMIENTOS DE AMINOÁCIDOS**

Los requerimientos de proteína bruta en la dieta son inapropiados ya que el requisito se basa en el contenido de aminoácidos de la proteína. Se ha mencionado que el factor más importante que afecta la eficiencia de utilización de la proteína para la producción de carne y de huevos es el balance de aminoácidos en la dieta (NRC, 1994; Costa y Goulart, 2010).

El requerimiento de cada uno de los aminoácidos es la suma de los aminoácidos exigidos para mantenimiento, crecimiento (proteína corporal, músculos, renovación de uñas, tejidos y piel) y funciones (enzimáticas, proteínas del sistema inmunitario, etc); teniendo en cuenta que una fracción de los aminoácidos absorbidos es desviada por los procesos de degradación enzimática (Rojas, 1979; Perazzo, citado por Riboty 2003).

Una vez digeridos y absorbidos los aminoácidos son utilizados como bloques estructurales de proteína corporal (músculo, piel, ligamentos), como proteína metabólica, enzimas y precursores de varios componentes del cuerpo. Debido a que las proteínas del cuerpo están siendo constantemente sintetizadas y degradadas, un suministro adecuado de aminoácidos es fundamental para la adecuada performance del animal (Applegate y Angel, 2008).

En la naturaleza existen más de 100 aminoácidos. Solo veinte de estos son usados para la formación de proteína corporal, los cuales son: alanina, glicina, valina, leucina, isoleucina, lisina, arginina, histidina, metionina, cistina, triptófano, fenilalanina, tirosina, treonina, serina, ácido aspártico, ácido glutámico, asparagina, glutamina y prolina mientras que aminoácidos como la citrulina, ácido diaminopimélico, ornitina y taurina, no están ligados a la formación de proteína (NRC, 1994; Salguero *et al.*, 2014).



Nutricionalmente los aminoácidos ligados a la proteína pueden ser divididos en dos categorías: (a) aquellos que el cuerpo del animal no puede sintetizar en su totalidad o con la suficiente velocidad para satisfacer los requerimientos metabólicos (esenciales); y (b) aquellos que pueden ser sintetizados a partir de otros aminoácidos o de nitrógeno no específico (no esenciales) (NRC, 1994).

Los aminoácidos esenciales para los pollos de carne son: lisina, arginina, glicina+serina, histidina, isoleucina, leucina, metionina+cistina, metionina, fenilalanina+tirosina, fenilalanina, treonina, triptófano, valina. Son considerados así ya que sus correspondientes esqueletos carbonados o cetoácidos no pueden ser sintetizados correctamente por el cuerpo del animal, y deben ser suministrados en la dieta en una proporción balanceada para que la performance del crecimiento sea el óptimo (NRC, 1994). Los aminoácidos no esenciales también deben ser suplidos por la dieta en cantidades suficientes para evitar la conversión de aminoácidos esenciales en no esenciales (Applegate y Angel, 2008).

De acuerdo a la Ley de Mínimos de Liebig, la baja suplementación de un solo aminoácido puede inhibir las respuestas a aquellos que estén en una suplementación adecuada. La cantidad de proteína que puede ser usada por el ave para síntesis de tejidos está determinada por el primer aminoácido limitante, los demás aminoácidos el animal los pierde y no sirven para fines de síntesis (analogía entre el barril roto y el aminoácido limitante). Por lo tanto, la proteína deficiente en un aminoácido, usada como única fuente de aminoácidos, no tiene valor biológico para el animal dado que no tendrá lugar ninguna síntesis de proteína (Rojas, 1979).

Adicionalmente, si el suministro de los aminoácidos no está en la proporción ideal de acuerdo a las necesidades del animal, los aminoácidos en exceso del aminoácido menos limitante serán desaminados y usados como fuente de energía en lugar de formar parte de la síntesis de proteína corporal. Esta partición de los aminoácidos también resultará en mayores excreciones de nitrógeno (Applegate y Angel, 2008).

Es de general aceptación que los requerimientos de los aminoácidos, tanto esenciales como no esenciales, están influenciados por la edad y sexo de los animales, por las condiciones medioambientales (principalmente temperatura), estado inmunitario de los animales, digestibilidad de los nutrientes presentes en los ingredientes usados en la dieta, factor de

conversión de nitrógeno a proteína, interacción entre aminoácidos, líneas genéticas, objetivo de producción (por ejemplo: carcasa, conversión alimenticia, ganancia de peso); y la gran variedad de metodologías utilizadas para su estimación (Ishibashi y Ohta, 1999; Wijtten *et al.*, 2004; Baker, 2009; Ajinomoto, 2012).

Los requerimientos de aminoácidos de los pollos de carne disminuyen con la edad, como es mostrado en varios estándares de alimentación (tablas de requerimientos). Se asume que las exigencias de aminoácidos (como porcentaje de la dieta) se reducen con la edad de las aves; en función de la reducción de la tasa relativa de crecimiento y del aumento de la capacidad de consumo alimenticio. Sin embargo, vale recalcar que los valores absolutos de exigencias de aminoácidos, en gramos o miligramos por día, aumenta con el avance de la edad (Ishibashi y Ohta, 1999; Ajinomoto, 2012).

Ueno, citado por Ishibashi y Ohta (1999), mostró que los requerimientos de lisina y de arginina para pollos de carne decrecen en los periodos de 8 a 18, 28 a 38 y 48 a 58 días respectivamente. Los requerimientos de lisina y arginina expresados como porcentaje de la dieta disminuyen conforme avanza la edad de los animales; pero estos mismos aminoácidos expresados como mg/pollo/día y mg/kg de ganancia de peso corporal, aumentan con edades avanzadas. Las deficiencias de aminoácidos son cubiertas por el aumento de consumo de alimento (Ishibashi y Ohta, 1999).

En relación al sexo, los pollos de carne machos tienen un mayor peso corporal y un metabolismo basal más acelerado en relación a las hembras, exigiendo un mayor requerimiento de aminoácidos. Diversos estudios con lisina han demostrado que los pollos machos tienen un mayor requerimiento de este aminoácido en comparación con las hembras (Baker, 2009; QuickChick®, citado por Fickler y Lemme 2010; Ajinomoto, 2012).

## **2.2 DETERMINACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE AMINOÁCIDOS**

El hecho que las exigencias de aminoácidos sean afectadas por tantos factores llevó a los investigadores a desarrollar diversas metodologías para estimar dichos requerimientos; dentro de las cuales tenemos: (a) método factorial, (b) método de dosis-respuesta (crecimiento), (c) concentración de aminoácidos en el plasma, y (d) método de deleción (Ishibashi y Ohta, 1999; Lemme, 2003).

### **2.2.1 MÉTODO FACTORIAL**

El enfoque factorial está basado en el concepto de que el requerimiento de un aminoácido se puede dividir en tres compartimentos: requisito para la deposición de proteína corporal, para el crecimiento de las plumas y para el mantenimiento. Para obtener el requerimiento de aminoácidos digestibles, el requerimiento neto para la deposición de proteína corporal y plumas (que puede determinarse simplemente mediante análisis químicos de estos componentes corporales), tienen que dividirse por el coeficiente de utilización de los aminoácidos absorbidos. Este coeficiente de utilización tiene un valor de 0.85 según Bondi, citado por Riboty (2003), ya que la utilización promedio de las proteínas y aminoácidos de las proteínas normales empleadas para las aves es del 85%. Baker (1991) indica que el coeficiente de utilización de la lisina es de 0.80, de la metionina + cistina es de 0.76 y de la isoleucina es de 0.61. El requerimiento de mantenimiento se define generalmente como la cantidad de aminoácidos necesaria para el equilibrio del peso corporal. Teniendo toda la información conjunta de la retención neta de aminoácidos en la proteína corporal y plumas, de los coeficientes de utilización de los aminoácidos absorbidos y de los requerimientos para mantenimiento se puede calcular el requerimiento general para cada aminoácido digestible (Lemme, 2003).

### **2.2.2 MÉTODO DE DOSIS-RESPUESTA**

El crecimiento y las respuestas de la composición corporal de las aves pueden usarse para derivar los requerimientos de aminoácidos, incluyendo la utilización de los aminoácidos absorbidos. Se deben mantener constantes las condiciones experimentales como la composición de las dietas, los ingredientes a usar y las condiciones medioambientales. Al preparar la ración base es de suma importancia comprobar que el aporte de los demás nutrientes, especialmente los aminoácidos, sea el correcto. Este método debe incluir niveles graduales de suplementación del aminoácido bajo estudio en una dieta deficiente en aquel aminoácido. El nivel en la ración en el cual se logra el mayor crecimiento o retención de nitrógeno, se considera la necesidad conjunta para el mantenimiento y crecimiento requerida por el pollo para aquel aminoácido. Adicionalmente, otros criterios de respuesta como la conversión alimenticia o el rendimiento de pechuga se pueden investigar y evaluar al mismo tiempo (Rojas, 1979; Lemme, 2003; Bondi, citado por Riboty 2003).

### **2.2.3 CONCENTRACIÓN DE AMINOÁCIDOS EN EL PLASMA**

La concentración de aminoácidos en el plasma nos permite determinar los requerimientos de aminoácidos de una manera fácil y precisa (Ishibashi y Ohta, 1999).

La concentración de un aminoácido suministrado en el plasma permanece constante y se incrementa cuando se elevan los niveles de este en la dieta. La intersección de ambas líneas concuerda bien con los requerimientos determinados por ensayos de alimentación en diversas especies (ratas, cerdos, pollos, gallinas ponedoras y hombres jóvenes). Totsuka *et al.* (1992) y Yamamoto e Ishibashi (1996) reportaron que las concentraciones de aminoácidos en el plasma responden a cambios de los niveles en dieta de aminoácidos dentro de un corto periodo y que la respuesta puede mantenerse por 20 días a más; y que es posible distinguir la respuesta de la concentración plasmática de aminoácidos de múltiples aminoácidos simultáneamente. Lo anteriormente mencionado indica que es factible predecir los requerimientos de aminoácidos en diversas especies animales. Además, los datos indican que es posible juzgar la adecuada suplementación de aminoácidos en la dieta y el estado nutricional de los mismos (Ishibashi y Ohta, 1999).

### **2.2.4 MÉTODO DE DELECCIÓN O SUPRESIÓN**

Se necesita un patrón de aminoácidos óptimo o ideal como perfil estándar o proteína de referencia cuando se evalúa la calidad de otras proteínas dietéticas. Dado que el nitrógeno (N) de los aminoácidos esenciales también se puede utilizar en la síntesis de aminoácidos no esenciales, una proteína con aminoácidos esenciales en exceso con respecto a los aminoácidos no esenciales puede generar la máxima retención de nitrógeno. Se considera que el perfil óptimo de aminoácidos en la dieta es el que para una ingesta dada de nitrógeno resulta en la retención máxima de este elemento (Wang y Fuller, 1989).

Un método alternativo usado para determinar el requerimiento de cada aminoácido es el método de delección o supresión basado en el monitoreo del balance de nitrógeno que surge cuando los aminoácidos se reducen en las dietas. A diferencia de otros métodos convencionales, este enfoque permite determinar los requerimientos para todos los aminoácidos esenciales en un solo *set* de experimentos (Dorigam *et al.*, 2015). Este método surgió inicialmente en la investigación porcina. El método de delección se basa en el concepto

de que la reducción de un aminoácido no limitante no tiene ningún efecto en la retención de nitrógeno. Los cambios en la retención de nitrógeno (como porcentaje del N ingerido) al eliminar una proporción de cada aminoácido, a su vez, se utilizaron para calcular un patrón de aminoácidos dietéticos en el que todos los aminoácidos eran igualmente limitantes. Los cálculos finales del método de supresión se basan en las respuestas productivas de las aves a la alimentación con la dieta control por un lado y con las dietas de ensayo por otro. La dieta control del método de supresión es un control positivo y no es deficiente en ningún aminoácido. El contenido de cada uno de estos aminoácidos se fija como un 100%. Las dietas de ensayos son idénticas a la dieta control excepto para el aminoácido bajo estudio, el cual es reducido en un cierto porcentaje (Lemme, 2003).

### **2.3 CONCEPTO DE PROTEÍNA IDEAL Y SUS APLICACIONES**

La proteína ideal es una definición dispuesta por Mitchell (1924,1964). Parsons y Baker, citados por Moscoso (2006), indican que Mitchell la definió como la mezcla de aminoácidos o de proteínas con íntegra disponibilidad para la digestión y el metabolismo, cuya constitución es igual a las exigencias para mantenimiento y crecimiento del animal y que de esta manera optimiza el uso de la proteína en la dieta (relación entre retención y consumo de proteína) y minimiza la excreción de nitrógeno al medio ambiente (Leclercq, 1998).

Emmert y Baker (1997) definieron el concepto de proteína ideal como el balance exacto de aminoácidos esenciales, sin deficiencias ni excesos, con el objetivo de satisfacer sus requerimientos absolutos para mantenimiento y ganancia máxima de proteína corporal, expresando cada aminoácido como porcentaje en relación a otro aminoácido de referencia. Con esto es posible mantener una relación constante conservando una calidad de proteína adecuada para cubrir las necesidades fisiológicas y productivas del animal.

Firman y Boling (1998) hablan de la proteína ideal como una mezcla de proteína donde el balance de aminoácidos es el exacto y por el cual el ave puede alcanzar un óptimo performance. Leclercq (1998) agrega que en la proteína ideal principalmente los aminoácidos esenciales son limitantes en la misma proporción. Esto significa que ningún aminoácido es suministrado en exceso en comparación con los demás.

El concepto de proteína ideal fue puesto en práctica en primer lugar para cerdos (Wang y Fuller 1989, 1990; Agriculture Research Council, citado por Baker 2009). Dean y Scott (1965) propusieron aplicar este concepto en pollos de engorde y desarrollaron una serie de experimentos, basados en un patrón de aminoácidos (como porcentaje de dieta) reportado por Greene *et al.* (1960), para determinar la cantidad necesaria de catorce aminoácidos para un máximo crecimiento de pollos de carne durante la segunda semana de vida. Encontraron que la cantidad de aminoácidos requeridos por el ave era considerablemente menor que lo planteado por Greene *et al.* (1960); excepto para metionina, el cual era deficiente. El nivel de cada aminoácido, como porcentaje de la dieta, encontrado para lograr una máxima respuesta del ave fue el siguiente: L-arginina, 1.10%; L-histidina, 0.30%, L-lisina, 1.12%; L-tirosina, 0.63%; L-triptófano, 0.225%; L-fenilalanina, 0.68%; DL-metionina, 0.45%; L-cistina, 0.35%; L-treonina, 0.65%; L-leucina, 1.20%; L-isoleucina, 0.80%; L-valina, 0.82%; L-glicina, 1.60%; L-ácido glutámico, 12%. Asimismo, encontraron que usando dietas semipurificadas con aminoácidos cristalinos, dietas con caseína como fuente de aminoácidos, y dietas a base maíz-soya; la tasa de crecimiento fue similar cuando se llegaban a los niveles de aminoácidos citados anteriormente.

Baker y Han (1994) propusieron y probaron un perfil de proteína ideal, con niveles de aminoácidos proporcionales a la lisina para pollos de carne en la Universidad de Illinois (IICP), fundamentado en el concepto desarrollado por H. H. Mitchel y H. M. Scott en los finales de los 50s y principios de los 60s. Baker y Han (1994), basados en estudios de crecimiento utilizando dietas con aminoácidos cristalinos, sugirieron que las proporciones ideales de aminoácidos (basados en digestibilidad verdadera), con respecto a la lisina, eran las siguientes: lisina, 100%; metionina, 36%; metionina+cistina, 72%, treonina, 67%; valina, 77%; arginina, 105%; histidina, 32%; isoleucina, 67%; triptófano, 16%; leucina, 109%. Para aves de mayor edad, dichos autores, recomendaron elevados niveles de aminoácidos azufrados, treonina y triptófano relativos a la lisina. Algunas de las relaciones ideales de Illinois fueron posteriormente probadas y revisadas (Emmert y Baker, 1997; Baker *et al.*, 2002).

En la nutrición de cerdos la lisina se ha establecido como aminoácido de referencia debido a que este es el primer aminoácido limitante en la dieta de estos animales (Lemme, 2003). A pesar de que en las aves los aminoácidos azufrados -metionina y cistina- son los primeros aminoácidos limitantes (Lemme, 2003; Coon, citado por Girano 2004; Vieira *et al.*, 2004),

la relación ideal de aminoácidos para aves también ha sido determinada con los niveles de lisina como aminoácido de referencia debido a que la lisina se usa casi exclusivamente para el depósito de proteína corporal y se ve mínimamente afectada por otras reacciones metabólicas (como el requisito de mantenimiento) o emplume, como es en el caso de la metionina y cistina. Además, no hay interacciones metabólicas entre la lisina y otros aminoácidos, y desde un punto de vista analítico tiene mayor sencillez analizar la lisina que la metionina y/o la cistina (Lemme, 2003; Lesson y Summers, citados por Girano 2004). Emmert y Baker (1997) agregan que los datos de requerimientos de lisina para una variedad de circunstancias dietéticas, ambientales y de composición corporal están fácilmente disponibles. Además, la lisina se mantiene en una proporción constante y óptima de proteína cruda (Surisdiarto y Farrell, 1991).

El requerimiento de los aminoácidos es influenciado por muchos factores como el peso corporal, sexo, genotipo (capacidad de crecimiento rápido o lento), eficiencia de utilización de aminoácidos, perfil sanitario de las aves, variaciones en los requerimientos de lisina para mantenimiento y distribución de la proteína corporal; pero la proporción de los aminoácidos esenciales respecto a la lisina (como aminoácido de referencia) se mantiene casi constante y es mínimamente afectada por estas variantes dentro de un cierto periodo de edad (Mack *et al.*, 1999; Koch *et al.*, 2002; Wijtten *et al.*, 2004; Schutte y De Jong, citados por Moscoso 2006).

La ventaja de aplicar el perfil de proteína ideal es que una vez establecida una proporción de aminoácidos esenciales respecto a la lisina para un determinado rango de edad, los esfuerzos se pueden centrar en determinar el requerimiento preciso de lisina bajo una variedad de condiciones y se puede calcular el requerimiento de los otros aminoácidos esenciales aplicando su proporción ideal relativa a la lisina (Mack *et al.*, 1999; Lemme, 2003; Wijtten *et al.*, 2004).

Existen tres componentes que tienen una gran influencia en la determinación del perfil óptimo de aminoácidos esenciales: (a) los requerimientos netos para proteína corporal e incremento de las proteínas en las plumas, (b) requerimientos de mantenimiento y (c) la utilización de aminoácidos digestibles para incremento proteico (DEGUSSA, citado por Riboty 2003).

Baker y Han (1994) utilizaron dietas purificadas para comparar patrones de proteína ideal propuestos por el NRC 1984, el NRC 1994 y la proteína ideal de Illinois (IICP). Lemme (2003) señala que el empleo del concepto de proteína ideal permite el establecimiento de dietas bajas en proteína que permiten tener el mismo rendimiento si se compara con dietas altas en proteína desbalanceada (dietas que no siguen una proporción ideal de aminoácidos). El concepto de proteína balanceada surgió entonces como una aplicación práctica, en dietas comerciales (por ejemplo: maíz- harina de soya-trigo- aceite de soya), del perfil ideal de aminoácidos (proteína ideal); debido a que formular con dietas purificadas no resulta viable económicamente en explotaciones comerciales (Lemme *et al.*, 2006).

Durante muchos años, las aves fueron alimentadas bajo una base total de proteína cruda resultando frecuentemente en dietas con niveles de aminoácidos en exceso contrastados a lo requerido por los animales. Dentro del organismo, los esqueletos carbonados de los aminoácidos en exceso se utilizan para la producción de energía, y el nitrógeno residual es excretado a través de los riñones, lo que representa un gasto energético elevado para el metabolismo del ave (Ajinomoto, 2012).

La formulación de raciones tomando como base un nivel de proteína bruta (PB) mínimo, generalmente da como resultado valores muy altos de proteína en función de la adopción de márgenes de seguridad para garantizar un adecuado suministro de aminoácidos esenciales. Sin embargo, vale recalcar que las aves no tienen exigencias nutricionales para proteína cruda y sí para cada uno de los aminoácidos esenciales y para una cantidad suficiente de proteína para suplir el nitrógeno no específico necesario para la biosíntesis de los aminoácidos no esenciales (NRC, 1994; Costa y Goulart, 2010).

La reducción de los niveles de proteína bruta en las dietas ha venido recibiendo una especial atención en la industria avícola. Los avances de las investigaciones científicas en el área de nutrición y metabolismo animal y las nuevas tecnologías de producción de aminoácidos industriales a precios compatibles, volvió posible la formulación de dietas con un menor contenido proteico y con niveles de aminoácidos más cercanos a los requerimientos propios del animal. Cuanto más cerca este la relación de aminoácidos en la dieta a la exigencia de los animales, la utilización de proteína suministrada será más eficiente pudiéndose observar también efectos positivos en la utilización de los demás nutrientes (Ajinomoto, 2012). La



suplementación de aminoácidos sintéticos, principalmente metionina y lisina, se han vuelto comunes, permitiendo de esta manera una reducción moderada de la proteína bruta de las dietas, sin afectar la performance animal (Deschepper y De Groote, 1995; Kerr y Kidd, 1999).

Abdel-Maksoud *et al.* (2010) demostraron que pollitos con edad entre 0 y 18 días, alimentados con dietas a base de maíz y harina de soya con 21% de PB y suplementadas con aminoácidos esenciales (AAEs) mostraron un mejor peso final, y una mejor conversión alimenticia respecto a los pollitos alimentados con dietas de 23% de PB sin suplementación de aminoácidos. En el mismo experimento se demostró que no hubo diferencias significativas en el peso final entre pollitos alimentados con dietas de 19% de PB- con suplementación de AAEs- y dietas basales de 23% de PB.

Ciftci y Ceylan (2004) informaron que una dieta basal con alto contenido de PB (21.30%) resultó en un menor desempeño productivo que dietas de menor contenido proteico (19.13% y 17.97%) cuando estas fueron suplementadas con aminoácidos sintéticos. De igual manera, Waldroup *et al.* (2005) reportaron que el máximo crecimiento en pollitos jóvenes (0 a 21 días) se obtuvo a partir de las dietas que contenían 19% de PB suplementadas con AAEs cristalinos, comparadas con dietas estándares de 23% de PB sin suplementación alguna.

Asimismo, Han *et al.* (1992) demostraron que pollitos con edad entre 1 y 21 días, alimentados con dietas (maíz-soya) bajas en proteína -19%- suplementadas con metionina, lisina, treonina, arginina, valina y ácido glutámico; presentan un desempeño similar a aquellas aves alimentadas con dietas de 23% de PB. De los 22 a los 42 días los pollos alimentados con dietas de 16% de PB; fortificadas con los mismos aminoácidos que la fase de inicio, presentaron una performance parecida a aquellos que recibieron dietas con 20% de PB.

Sin embargo, si se ofrecen dietas suplementadas con aminoácidos esenciales (AAEs) pero con niveles muy bajos de proteína, puede resultar en pobres respuestas productivas por parte del animal, sino se considera un óptimo balance entre los aminoácidos esenciales y los no esenciales (AANEs) (Kerr y Kidd, 1999). Esto es debido a que los AAEs en exceso no son eficientes en suministrar el nitrógeno requerido para que los AANEs sean sintetizados. Sin

embargo, la desaminación de los AAes incrementa la producción de los AANes como glutamina y la asparagina cuyos excesos son excretados como ácido úrico. Un nivel bajo de AANes en la dieta puede aumentar la reutilización del nitrógeno de los AAes para la síntesis de los AANes y en consecuencia aumentar la utilización de nitrógeno (Lenis *et al.*, 1999).

Bedford y Summers (1985), utilizando dietas semipurificadas, encontraron que la relación óptima de AAes: AANes para ganancia de peso y eficiencia de utilización del alimento es de 55:45, en pollos de engorde a los 21 días de edad. Lenis *et al.* (1999), en un estudio realizado con cerdos en crecimiento (30-60 kg), concluyeron que la relación entre AAes y AANes es de 50:50 para una óptima retención y utilización de nitrógeno.

La adición de aminoácidos sintéticos en la dieta de las aves posibilita la reducción del contenido de proteína cruda (esto es permitido gracias a la aplicación del concepto de proteína ideal) sin afectar el rendimiento de los animales, sumándose el beneficio ambiental que se obtiene por la reducción de excreción de nitrógeno (N) al medio ambiente (Applegate y Angel, 2008).

Diversos estudios científicos indican al nitrógeno como un potente contaminante de suelos y manantiales de agua (tanto en la superficie terrestre como en el subsuelo). Debido a que la escasez de agua se ha convertido en un problema de interés global, se les exige a los productores de aves y cerdos que usen dietas con menores niveles de proteína, que como se ha demostrado, promueven una menor excreción de nitrógeno por parte de los animales.

Ferguson *et al.* (1998) mostraron con pollos de carne que el nitrógeno presente en la cama se redujo en más del 16% y el amoníaco en el aire en un 31% cuando la PB se redujo en un 2%, sin afectar la performance animal, manteniendo un perfil adecuado de aminoácidos en la dieta. Rostagno *et al.*, citados por Rostagno *et al.* (2003), demostraron que mediante la formulación de dietas con un menor contenido proteico (disminuido en un 2%), usando la proteína ideal, es posible la obtención de un desempeño similar a las aves alimentadas con dietas con altos niveles proteicos; asimismo, se redujo el consumo de proteína en un 8%, teniendo una menor excreción de nitrógeno y una menor humedad de la cama.

El uso del concepto de proteína ideal adquiere gran importancia porque simplifica la formulación de alimentos, amplía el uso de ingredientes alternativos, se pueden determinar rápidamente los requerimientos de aminoácidos, permite diseñar con precisión los programas de alimentación, y fomenta el conocimiento y uso de la nutrición ecológica (Chung, citado por Soplin 2002). En la actualidad podemos encontrar diversas recomendaciones publicadas acerca del perfil ideal aplicables para las dietas de pollos de carne. Los perfiles de proteína ideal trabajados y desarrollados por investigadores y/o grupos de trabajo se presentan en el Cuadro 1.

Los perfiles de proteína ideal mostrados en el Cuadro 1 presentan diferencias en las proporciones para algunos aminoácidos. Esto es explicado, en parte, por la base en la que han sido formulados. Las proporciones sugeridas para el NRC (1994), Cobb™ (2015), Austic (1994), Riboty (2003) y Korean Feeding Standard (2012) son basadas en aminoácidos totales; mientras que Baker (1993,1996), CVB (1996) y DEGUSSA (2001) utilizaron la base de aminoácidos digestibles. Además, las proporciones se calcularon en distintos niveles de lisina dietética.

Las tablas de recomendaciones de lisina y de aminoácidos azufrados dietéticos se basan en dietas con ingredientes convencionales, por ejemplo, maíz-soya, los cuales en la actualidad representan los ingredientes más importantes y usados para la producción de pollos de carne. Es por eso que en una dieta maíz- soya, el uso de aminoácidos digestibles respecto al de aminoácidos totales no tiene gran importancia debido a la semejanza en los valores de digestibilidad entre los aminoácidos esenciales en este tipo de dietas (Emmert y Baker, 1997). Cuando se usan dietas formuladas con insumos no convencionales adquiere gran importancia el uso de aminoácidos digestibles, por lo que es necesario ajustar los niveles de aminoácidos de acuerdo a la digestibilidad de los ingredientes a usar (Mack *et al.*, 1999).

El uso del concepto de proteína ideal en la formulación de dietas adquiere gran importancia en la nutrición de pollos de engorde por lo que se han desarrollado diversas investigaciones variando las relaciones de los aminoácidos respecto a la lisina, y variando el nivel de lisina dietética.

**Cuadro 1: Perfiles de proteína ideal publicados para pollos de carne.**

AMINO- ÁCIDOS	BAKER <sup>1</sup>		NRC (1994) <sup>2</sup>		AUSTIC (1994) <sup>3</sup>	DEGUSSA (2001) <sup>4</sup>		RIBOTY (2003) <sup>5</sup>		COBB™ (2015) <sup>6</sup>				CVB (1996) <sup>7</sup>	KOREA (2012) <sup>8</sup>
	1993	1996	0-21d	22-42d	0-21d	0-21d	22-42d	0-21d	22-42d	0-10d	11-22d	23-42d	43-56d	0-42d	0-7d
	0-21d	22-42d													
Lis	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Met	36	36	45	38	38	45	ND	36	48	38	40	41	41	38	ND
Met+Cist	72	75	82	72	72	73	75	69	86	74	75	78	78	73	72
Treo	67	70	73	74	62	62	63	60	86	65	66	68	68	65	67
Arg	105	108	114	110	96	104	112	108	141	105	105	108	108	105	105
Val	77	80	82	82	69	ND	81	65	77	76	77	77	77	80	ND
Ile	67	69	73	73	65	ND	71	61	80	67	67	68	68	66	ND
Leu	109	109	109	109	92	ND	ND	103	135	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Trp	16	17	18	18	18	16	17	17	21	15	16	18	18	16	16
His	32	32	32	32	24	ND	ND	30	28	ND	ND	ND	ND	ND	ND

FUENTE: NRC, (1994) <sup>2</sup>; Schutte y De Jong, (1999) <sup>7</sup>; Moscoso, (2006) <sup>1,3,4,5</sup>; Cobb™, (2015) <sup>6</sup>; Nam *et al.*, (2015) <sup>8</sup>.

ND: No determinado

Poves (1999) comparó los estándares del NRC 1984 y del NRC 1994 con dietas en base a maíz-harina de soya y maíz-harina de soya-harina de pescado; y encontró mejores resultados para ganancia de peso en la etapa de inicio (0-21 días) y en el acumulado (0-49 días) cuando se formuló bajo el perfil del NRC 1984, el cual presenta un nivel de lisina dietética mayor (1.20%) que el estándar del NRC 1994 (1.10%). Asimismo, para conversión alimenticia encontró diferencias significativas para la etapa de inicio a favor de la tabla del NRC 1984.

De igual manera, Soplin (2002) observó que con dietas completas formuladas bajo el perfil de proteína ideal recomendado por el NRC 1994, pero con niveles de lisina dietética superior (1.21% y 1.33%), se llegó a mejores respuestas significativas para peso vivo, ganancia de peso y conversión alimenticia a los 21 días.

Vazquez y Pesti (1997) concluyeron que el requerimiento de lisina en la etapa de inicio fue de  $1.21 \pm 0.06\%$  para ganancia de peso, y de  $1.32 \pm 0.10\%$  para la eficiencia de utilización del alimento, para la etapa de inicio (0-21 días), mediante la comparación de dos ecuaciones de modelamiento matemático. De la misma manera, Abdel-Maksoud *et al.* (2010) observaron que el nivel óptimo de lisina dietética está entre 1.20%-1.35% para peso vivo, conversión alimenticia y eficiencia de utilización del alimento, para pollos de engorde hasta los 18 días de edad. Estos resultados indican que el adecuado nivel de lisina en la dieta es superior al 1.10% sugerido por el NRC 1994 durante el periodo de inicio (0-3 semanas de edad).

Sayers (1997) realizó un estudio para comparar los estándares de aminoácidos planteados por el NRC 1984 (1.20% de lisina en la etapa de inicio) y por el NRC 1994 (1.10% de lisina en la etapa de inicio) con dietas en base a maíz-soya-harina de pescado y reportó que para ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia no hubo diferencias estadísticas significativas entre ambas recomendaciones durante la etapa de inicio (0-21 días). En la fase de crecimiento (22-42 días) sólo se encontró diferencia estadística significativa para conversión alimenticia, al igual que a lo largo de la campaña (0-42 días), siendo la mejor la obtenida con el tratamiento NRC 1994.

Por otro lado, Baker y Han (1994), quienes realizaron pruebas con dietas purificadas en pollos de carne de 0 a 21 días, encontraron que con un nivel de lisina digestible deficiente (0.80%), los pollos alimentados con el perfil de aminoácidos del NRC 1994 tuvieron una ganancia de peso 60% más rápida que las aves alimentadas bajo el perfil del NRC 1984; y

que a un nivel de lisina digestible de 1.12% y los otros aminoácidos esenciales incrementados proporcionalmente, la ganancia de peso fue mayor en un 13% para los pollos que recibieron dietas en base al NRC 1994 frente a las aves alimentadas bajo el estándar del NRC 1984. Dichos autores indican que el perfil de aminoácidos del NRC 1994 representa una mejora respecto al NRC 1984 con la excepción de que el requerimiento de lisina es muy bajo en el perfil mostrado por el NRC 1994.

Riboty (2003) comparó cuatro perfiles de proteína ideal: DEGUSSA, BAKER, perfil modificado de Hurwitz, y el modelo de Proteína Neta Consumida para Mantenimiento (PNCM)-propuesto- utilizando dietas basadas en maíz-soya-harina de pescado y encontró que los pesos vivos y ganancias de pesos fueron significativamente mejores para las aves que recibieron el perfil de PNCM.

Girano (2004) evaluó dos perfiles de proteína ideal: DEGUSSA y PNCM (patrón propuesto y evaluado por Riboty, 2003), con diferentes niveles de proteína (20.5%, 21.5% y 22.5%), con dietas basadas en maíz-soya y en maíz-soya-harina de pescado; y no observó diferencias estadísticas por efecto del nivel de proteína, el perfil de proteína ideal y el tipo de dieta, ni de sus interacciones para peso vivo, ganancia de peso y consumo de alimento de 0 a 21 días. Para conversión alimenticia encontró mejores resultados cuando se formuló bajo el perfil de PNCM frente al de DEGUSSA en la etapa de inicio.

## **2.4 EFECTO DEL NÚMERO DE FASES DEL PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE POLLOS DE CARNE**

Los investigadores en el campo de la nutrición avícola tienen el reto de mantenerse al frente de las prácticas de gestión cambiantes y los programas comerciales de alimentación. Los nutricionistas usan tablas de requerimientos para formular raciones avícolas, es de suma importancia que dichos valores sean actualizados periódicamente debido a los diferentes factores que interactúan como la genética (velocidad de crecimiento), el manejo, la condición sanitaria de los animales y el medio ambiente (Rostagno *et al.*, 2003).

Los requerimientos de aminoácidos y proteína varían de acuerdo al objetivo y fases de producción, energía metabolizable en la dieta; y factores como la edad, el sexo, el consumo de alimento y las condiciones medioambientales (Pedroso *et al.*, 2003; Attia *et al.*, 2010).

Estas variables pueden dificultar determinar un adecuado programa y régimen de alimentación de los pollos de carne criados bajo diferentes condiciones.

La actualización de los requerimientos nutricionales y la puesta en práctica de distintos programas de alimentación tiene una gran relevancia sobre todo para el pequeño productor, para que sus aves puedan adaptarse a establecimientos en los cuales exista poco control sobre los factores de confort medio ambientales debido al limitado desarrollo tecnológico. Si bien siempre es posible ajustar las condiciones ambientales, es imprescindible implementar adecuados programas de alimentación (Revidatti *et al.*, 2006).

Se entiende como programa de alimentación a la utilización de diferentes prácticas de manejo de racionamiento en la alimentación de los pollos de carne, en diferentes fases o periodos de su desarrollo (Mendes, citado por Rodrigueiro *et al.* 2000). Los programas de alimentación para pollos de engorde pueden ser elaborados mediante la división de las raciones con base en la fase de producción de las aves en días, con consumo de ración voluntaria o a partir de un consumo fijo (Rostagno *et al.*, 2003).

Las etapas o fases de alimentación son las diferentes divisiones que se realizan para la máxima utilización de los alimentos y de los nutrientes. La alimentación por fases se puede describir como un programa económicamente viable en el que las dietas se cambian con frecuencia. Estas divisiones están basadas en los procesos fisiológicos y metabólicos del animal; cuyo objetivo es proporcionar al ave la cantidad requerida de nutrientes necesarios en una determinada edad para evitar desperdicios o sobrealimentación (Emmert y Baker, 1997; Rodrigueiro *et al.*, 2000; Gómez *et al.*, 2011). Una sobrealimentación del ave puede desembocar en un crecimiento acelerado lo que posteriormente provoca problemas de origen metabólico como la ascitis y de sobrepeso, así como defectos o deformidades en el esqueleto o patas (Sánchez, 2003; Suárez *et al.*, 2004; López, 2012).

Los distintos sistemas de alimentación por fase que se han propuesto se basan generalmente en realizar dichos cambios en función de los requerimientos de los pollos, de la edad del ave, de la temperatura, de la época del año, del ritmo de respuesta, del consumo de alimento o de una combinación de estos factores (Arnold, 1980). El peso y tiempo óptimo de saca al mercado (según las tendencias determinadas por la demanda de carne de pollo) están afectados por el cambio en el programa de alimentación (Ochoa y Ramirez, 1995).

North, citado por Ochoa y Ramirez (1995), reportó que teóricamente la dieta del pollo de engorde debe contener alrededor del 24 % de proteína las dos primeras semanas y después disminuir cada semana hasta llegar a un 19 % en la semana siete. Sin embargo, no resulta práctico realizar tantos cambios en la dieta debido al estrés que se puede causar en las aves, afectando el consumo de alimento y por consiguiente el peso de las mismas; y a las dificultades que presentarían dichos cambios para la mano de obra (Rostagno *et al.*, 2003). Es más conveniente emplear un programa de alimentación con un menor número de raciones, que contengan diferentes porcentajes de proteína, siendo mayor al principio del crecimiento de los pollos y disminuyendo en las etapas posteriores.

Los programas de alimentación permiten a las aves consumir proporcionalmente y de manera adecuada nutrientes como la lisina a una edad específica, en la medida que los pollos aumenten de peso (Hellwing y Ranson, 2006). Las necesidades de lisina (como porcentaje de la ración) y de los otros aminoácidos varían según la edad del ave, así como la relación ideal de aminoácidos (Taherkhani *et al.*, 2008).

Hay dos razones para que la proteína ideal cambie con la edad del animal. La primera de ellas se sustenta en la relación de las necesidades de mantenimiento a las necesidades totales por parte del ave (mantenimiento + crecimiento). A medida que las aves envejecen, las necesidades de mantenimiento para aminoácidos como cistina, treonina, triptófano, valina, arginina e isoleucina probablemente aumentarían más rápido que las necesidades de mantenimiento para lisina (Emmert y Baker, 1997). Las necesidades de lisina para mantenimiento son mínimas a partir de los 20 días de edad (ganancia diaria de 80 gramos con un peso vivo de 750 gramos) y representan sólo el 5% de las necesidades totales. Al final del periodo de crecimiento, las necesidades de mantenimiento tienden a ser más importantes a medida que el peso corporal aumenta y la velocidad de crecimiento disminuye. La segunda razón para el cambio de patrón de proteína ideal podría estar relacionado con el crecimiento de la proteína corporal y la proteína de las plumas. Sin embargo, el crecimiento de ambos es progresivo y constante y la proteína de las plumas representa una cantidad pequeña con respecto a la proteína corporal. No es sencillo medir el efecto específico del crecimiento de las plumas sobre el perfil de aminoácidos. La proteína de las plumas es rica en cistina, prolina, serina, valina y aminoácidos aromáticos; y pobre en histidina y lisina. Es improbable que se noten cambios en el patrón de la proteína ideal (Leclercq, 1998). El perfil



de aminoácidos de la proteína corporal, de la proteína de las plumas y del requerimiento de mantenimiento se muestra en el Cuadro 2.

Los pollos de carne parecen que pueden adaptarse con facilidad a los cambios del número de raciones de un régimen alimentario, dependiendo de ello la adecuación de los programas nutricionales (Rodrigueiro *et al.*, 2000; Rostagno *et al.*, 2003). Diferentes autores demostraron que el número de fases no influenció en el desempeño y rendimiento de carcasa de los pollos de carne, como lo reportado por Brewer *et al.* (2012), quienes no encontraron diferencias para para ninguno de los parámetros de calidad de carne evaluados. Sin embargo, Mehmood *et al.* (2014) y Hauschild *et al.* (2015) demostraron que programas de alimentación con un mayor número de fases pueden conducir a una mejor ganancia de peso final en pollos de engorde.

Pope y Emmert (2001) mostraron que el cambio de ración cada semana en la fase final de producción (43 a 71 días) no mostró diferencia estadística en la ganancia de peso, consumo de alimento y eficiencia alimentaria, comparado a la alimentación de los pollos con una sola dieta en ese período. Pero el análisis económico indicó que se puede disminuir los costos de producción por unidad de peso o por rendimiento de pechuga, con un cambio de ración semanal en dicha fase de evaluación. Asimismo, Buteri, citado por Rostagno *et al.* (2003), verificó con pollos de engorde alimentados con distintos programas de alimentación, usando dietas formuladas en base a proteína ideal, que el aumento del número de fases de alimentación de tres para cinco y 28 no afectó el desempeño productivo de las aves. El investigador encontró un menor consumo de fósforo disponible, de lisina y otros aminoácidos; lo que conlleva a una menor excreción de nitrógeno al medio ambiente.

Gómez *et al.* (2011) informaron que no hubo diferencia estadística en el peso final y rendimiento en la canal de los pollos alimentados con programas de alimentación de dos, tres y cuatro fases respectivamente; pero sí una mejora en la conversión alimenticia cuando se usaron cuatro fases. Ello se debe, probablemente, a que cuando más fases se empleen en el engorde de los pollos se cubre mejor el perfil nutricional que requieren.

**Cuadro 2: Perfil de aminoácidos de la proteína corporal, proteína de las plumas y requerimientos de mantenimiento en pollos de carne (en paréntesis: ratios con lisina).**

AMINOÁCIDOS	Proteína Corporal ( g/16 g N) <sup>1</sup>	Proteína Plumas ( g/ 16 g N) <sup>2</sup>	Mantenimiento mg/BW/dia <sup>2</sup>
Lis	7.5 (100)	1.8(100)	29(100)
Met	2.5(33)	0.6(33)	---
Met+Cist	3.6 (48)	7.6(420)	113(390)
Treo	4.2(56)	4.4(240)	74(250)
Trp	1.0(13)	0.7(39)	19(66)
Arg	6.8(91)	6.5(360)	120(410)
Val	4.4(59)	6.0(330)	61(210)
Ile	4.0(53)	4.0(220)	72(250)
Leu	7.1(95)	7.0(390)	124(430)

FUENTE: <sup>1</sup>Fisher, citado por Riboty (2003).

<sup>2</sup>Leveille *et al.*, citados por Riboty (2003).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LUGAR Y DURACIÓN DEL EXPERIMENTO**

El presente estudio se realizó en las instalaciones del Laboratorio de Investigación en Nutrición y Alimentación de Aves (LINAA) de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). La preparación de las dietas se realizó en la Planta de Alimentos Balanceados perteneciente al Programa de Investigación y Proyección Social en Alimentos de la Facultad de Zootecnia de la UNALM. El periodo experimental fue de 42 días, desde noviembre del 2016 hasta enero del 2017.

#### **3.2 ANIMALES EN EVALUACIÓN Y SU DISTRIBUCIÓN**

Se utilizaron 200 pollitos BB machos de la línea Cobb 500 de un día de edad distribuidos en 10 tratamientos con cuatro repeticiones y cinco pollos por repetición; haciendo un total de 40 jaulas o unidades experimentales, con cinco pollos cada una. Dichas unidades experimentales estuvieron distribuidas en dos baterías metálicas en el periodo de 0-21 días y en cinco baterías metálicas en el periodo de 22-42 días.

#### **3.3 INSTALACIONES**

##### **3.3.1 ETAPA DE 0-21 DÍAS**

Los pollos BB se alojaron en dos baterías metálicas, con calefacción eléctrica controlada por termostatos, de cinco pisos cada una y cada piso dividido en dos compartimentos (89 cm x 84 cm). Adicionalmente cada compartimento fue dividido en dos usando una malla metálica galvanizada para obtener las 40 jaulas o unidades experimentales de 89 cm x 42 cm cada una. Cada unidad experimental contó con comederos lineales de 58 cm y bebederos tipo BB (los bebederos BB fueron reemplazados a los siete días por bebederos lineales de 87cm cada uno), y estuvo iluminada con un foco tipo lágrima durante las noches.

### **3.3.2 ETAPA DE 22-42 DÍAS**

Los pollos fueron trasladados a los 21 días a cinco baterías metálicas. Cada batería constó de cuatro pisos y cada piso estuvo dividido en dos compartimentos, haciendo un total de ocho unidades experimentales por batería; manteniéndose las 40 unidades experimentales. Cada unidad experimental tuvo las siguientes dimensiones: 119 cm x 86 cm. Por cada jaula hubo un comedero lineal de 119 cm y un bebedero lineal de 87 cm. El ambiente estuvo iluminado por tres focos tubulares fluorescentes durante las noches.

### **3.4 EQUIPOS Y MATERIALES**

Se usaron los siguientes equipos para la crianza y para la obtención de datos:

- Balanza electrónica de 10 kilogramos con aproximación al gramo (necesaria para el pesado del alimento, pollos, y otros).
- Termómetros.
- Malla galvanizada
- Cortinas
- Materiales de beneficio (cuchillos, ollas, conos de beneficio)
- Martillos, clavos, alicates, alambre, cortadoras de alambre
- Materiales de limpieza (escoba, tacho, recogedor, detergentes, manguera, baldes.)
- Hojas de registros y materiales de escritorio.

Ambos ambientes, así como los equipos y baterías, fueron limpiados y desinfectados antes y después del experimento para mantener una bioseguridad adecuada.

### **3.5 TRATAMIENTOS**

Los tratamientos se diseñaron de acuerdo a la interacción de cinco perfiles de proteína ideal: NRC 1994, COBB, BAKER, CVB, KOREA; y dos programas de alimentación: dos y tres fases. Los tratamientos son descritos a continuación:

- **Tratamiento 1 (T1):** Perfil de proteína ideal NRC 1994\* x programa de alimentación de dos fases.
- **Tratamiento 2 (T2):** Perfil de proteína ideal NRC 1994\* x programa de alimentación de tres fases.
- **Tratamiento 3 (T3):** Perfil de proteína ideal COBB x programa de alimentación de dos fases.
- **Tratamiento 4 (T4):** Perfil de proteína ideal COBB x programa de alimentación de tres fases.
- **Tratamiento 5 (T5):** Perfil de proteína ideal BAKER x programa de alimentación de dos fases.
- **Tratamiento 6 (T6):** Perfil de proteína ideal BAKER x programa de alimentación de tres fases.
- **Tratamiento 7 (T7):** Perfil de proteína ideal CVB x programa de alimentación de dos fases.
- **Tratamiento 8 (T8):** Perfil de proteína ideal CVB x programa de alimentación de tres fases.
- **Tratamiento 9 (T9):** Perfil de proteína ideal KOREAN FEEDING STANDARD x programa de alimentación de dos fases.
- **Tratamiento 10 (T10):** Perfil de proteína ideal KOREAN FEEDING STANDARD x programa de alimentación de tres fases.

\*Para obtener el perfil de proteína ideal del NRC 1994 para la etapa de inicio la recomendación de lisina propuesta por el NRC 1994 fue modificada a un 110% según Vazquez y Pesti (1997) y Calle (2002) manteniendo el nivel de los otros aminoácidos recomendados por la tabla.

Los perfiles de proteína ideal de los tratamientos bajo un programa de alimentación de dos fases (T1, T3, T5, T7, T9) se muestran en el Cuadro 3.

Los perfiles de proteína ideal de los tratamientos bajo un programa de alimentación de tres fases (T2, T4, T6, T8, T10) se muestran en el Cuadro 4.

**Cuadro 3: Perfil de proteína ideal para pollos de carne bajo un programa de alimentación de dos fases (como % de lisina).**

AMINO- ÁCIDOS	PERÍODO									
	INICIO					CRECIMIENTO- ACABADO				
	0-21d					22-42d				
	NRC1994 <sup>1</sup>	COBB <sup>2</sup>	BAKER <sup>3</sup>	CVB <sup>4</sup>	KOREA <sup>5</sup>	NRC1994 <sup>1</sup>	COBB <sup>2</sup>	BAKER <sup>3</sup>	CVB <sup>4</sup>	KOREA <sup>5</sup>
Lis	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Arg	103	105	105	105	105	110	105	108	105	105
Met	41	38	36	38	41	38	40	36	38	41
Met+Cist	74	74	72	73	72	72	75	75	73	72
Trp	17	15	16	16	16	18	16	17	16	16
Tre	66	65	67	65	67	74	66	70	65	67
Gli	62	62	62	62	62	68	68	68	62	62
Gli+Ser	103	103	103	103	103	114	114	114	103	103
His	29	29	32	29	29	32	32	32	29	29
Ile	66	67	67	66	66	73	67	69	66	66
Leu	99	99	109	99	99	109	109	109	99	99
Fen	60	60	60	60	60	65	65	65	60	60
Fen+Tir	111	111	111	111	111	122	122	122	111	111
Val	74	76	77	80	74	82	77	80	80	74

FUENTE: Compilación\* y elaboración propia.

\*Tomado de NRC, (1994)<sup>1</sup>; Schutte y De Jong, (1999)<sup>4</sup>; Moscoso, (2006)<sup>3</sup>; Cobb<sup>TM</sup>, (2015)<sup>2</sup>; Nam *et al.*, (2015)<sup>5</sup>.

**Cuadro 4: Perfil de proteína ideal para pollos de carne bajo un programa de alimentación de tres fases (como % de lisina).**

AMINO- ÁCIDOS	PERÍODO														
	PRE-INICIO					INICIO					CRECIMIENTO- ACABADO				
	0-10d					11-21d					22-42d				
	NRC1994 <sup>1</sup>	COBB <sup>2</sup>	BAKER <sup>3</sup>	CVB <sup>4</sup>	KOREA <sup>5</sup>	NRC1994 <sup>1</sup>	COBB <sup>2</sup>	BAKER <sup>3</sup>	CVB <sup>4</sup>	KOREA <sup>5</sup>	NRC1994 <sup>1</sup>	COBB <sup>2</sup>	BAKER <sup>3</sup>	CVB <sup>4</sup>	KOREA <sup>5</sup>
Lis	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Arg	103	105	105	105	105	110	105	108	105	105	118	108	108	105	105
Met	41	38	36	38	41	38	40	36	38	41	38	41	36	38	41
Met+Cis	74	74	72	73	72	72	75	75	73	72	71	78	75	73	72
Trp	17	15	16	16	16	18	16	17	16	16	19	18	17	16	16
Tre	66	65	67	65	67	74	66	70	65	67	80	68	70	65	67
Gli	62	62	62	62	62	68	68	68	62	62	68	68	68	62	62
Gli+Ser	103	103	103	103	103	114	114	114	103	103	114	114	114	103	103
His	29	29	32	29	29	32	32	32	29	29	32	32	32	29	29
Ile	66	67	67	66	66	73	67	69	66	66	73	68	69	66	66
Leu	99	99	109	99	99	109	109	109	99	99	109	109	109	99	99
Fen	60	60	60	60	60	65	65	65	60	60	66	66	65	60	60
Fen+Tir	111	111	111	111	111	122	122	122	111	111	122	122	122	111	111
Val	74	76	77	80	74	82	77	80	80	74	82	77	80	80	74

FUENTE: Compilación\* y elaboración propia.

\* Tomado de NRC, (1994)<sup>1</sup>; Schutte y De Jong, (1999)<sup>4</sup>; Moscoso, (2006)<sup>3</sup>; Cobb<sup>TM</sup>, (2015)<sup>2</sup>; Nam *et al.*, (2015)<sup>5</sup>.

### **3.6 DIETAS EXPERIMENTALES**

Para el programa de alimentación de dos fases los niveles de aminoácidos azufrados (%) se obtuvieron a partir de la regresión generada entre los niveles de azufrados en porcentaje y edades reportados por Cobb (2015) para las edades medias de 0-21 días (10.5) y 22-42 días (32). Los niveles de azufrados obtenidos fueron de 0.94% para 0-21 días y 0.84% para 22-42 días (Cuadro 5). Para el programa de alimentación de tres fases se tomó los niveles de aminoácidos azufrados (%) propuestos por Cobb (2015) fijando estos niveles en 0.98%, 0.89% y 0.82% para las etapas de 0-10 días, 11-21 días y de 22-42 días; respectivamente (Cuadro 6). A partir de estos valores se obtuvieron los niveles de los otros aminoácidos, incluyendo la lisina, de acuerdo a los perfiles de proteína ideal evaluados. El nivel de energía metabolizable (EM) empleado se obtuvo a partir de promediar el requerimiento de azufrados promedio expresado en gramos por megacaloría (Mcal) del NRC (1994) y de 0-10 días de Cobb (2015) con el promedio de Cobb (2015) de 0-22 días. El valor obtenido fue de 3.06 gramos de azufrados por Mcal. La densidad energética obtenida fue 3.072 Mcal/kg para la etapa de 0-21 días. Para obtener el nivel de EM de 22-42 días, se mantuvo la misma relación de Cobb (2015) entre las fases de 11-21 y 22-42; dando un valor de 3.180 Mcal/kg. Las dietas experimentales se formularon en base a aminoácidos, usando insumos convencionales (maíz-soya). Se utilizó el programa MIXIT-2 (Agricultural Software Consultants Inc.) para alcanzar o exceder el nivel mínimo de los aminoácidos sugeridos por los perfiles. Las composiciones porcentuales de las dietas experimentales se presentan en el Cuadro 7 (programa de dos fases) y Cuadro 9 (programa de tres fases), y su valor nutricional respectivo en el Cuadro 8 (programa de dos fases) y Cuadro 10 (programa de tres fases). La composición nutricional de la pre mezcla vitamínico mineral usada en las dietas se muestra en el Cuadro 11.

### **3.7 ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS DIETAS EXPERIMENTALES**

Se tomaron muestras homogéneas de 250 gr. de las dietas experimentales. Se usó la técnica de Espectroscopia de Reflectancia en el Infrarrojo Cercano (NIRS) en el laboratorio de análisis de calidad de alimentos de la empresa Ganadera Santa Elena S.A. Los resultados de las dietas de los tratamientos T1, T3, T5, T7 y T9 (programa dos fases) se presentan en el Anexo 29, y los valores pertenecientes a los tratamientos T2, T4, T6, T8 y T10 (programa de tres fases) se muestran en el Anexo 30.



**Cuadro 5: Requerimientos de aminoácidos para pollos de carne en base a los perfiles de proteína ideal bajo un programa de alimentación de dos fases (como % de alimento).**

AMINO- ÁCIDOS	PERIODO									
	INICIO					CRECIMIENTO- ACABADO				
	0-21d					22-42d				
	NRC1994	COBB	BAKER	CVB	KOREA	NRC1994	COBB	BAKER	CVB	KOREA
Lis	1.27	1.27	1.31	1.29	1.31	1.17	1.12	1.12	1.15	1.17
Arg	1.31	1.33	1.38	1.35	1.38	1.29	1.18	1.21	1.21	1.23
Met	0.52	0.48	0.47	0.49	0.54	0.44	0.45	0.40	0.44	0.48
Met+Cis	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
Trp	0.21	0.19	0.21	0.21	0.21	0.21	0.18	0.19	0.18	0.19
Tre	0.84	0.83	0.88	0.84	0.88	0.86	0.74	0.78	0.75	0.78
Gli	0.79	0.79	0.81	0.80	0.81	0.79	0.76	0.76	0.71	0.73
Gli+Ser	1.31	1.31	1.35	1.33	1.35	1.33	1.28	1.28	1.18	1.21
His	0.37	0.37	0.42	0.37	0.38	0.37	0.36	0.36	0.33	0.34
Ile	0.84	0.85	0.88	0.85	0.86	0.85	0.75	0.77	0.76	0.77
Leu	1.26	1.26	1.43	1.28	1.30	1.27	1.22	1.22	1.14	1.16
Fen	0.76	0.76	0.79	0.77	0.79	0.76	0.73	0.73	0.69	0.70
Fen+Tir	1.41	1.41	1.45	1.43	1.45	1.43	1.37	1.37	1.28	1.30
Val	0.94	0.97	1.01	1.03	0.97	0.96	0.86	0.90	0.92	0.87

**Cuadro 6: Requerimientos de aminoácidos para pollos de carne en base a los perfiles de proteína ideal bajo un programa de alimentación de tres fases (como % de alimento).**

AMINO- ÁCIDOS	PERIODO														
	PRE-INICIO					INICIO					CRECIMIENTO- ACABADO				
	0-10d					11-21d					22-42d				
	NRC1994	COBB	BAKER	CVB	KOREA	NRC1994	COBB	BAKER	CVB	KOREA	NRC1994	COBB	BAKER	CVB	KOREA
Lis	1.32	1.32	1.36	1.34	1.36	1.24	1.19	1.19	1.22	1.24	1.16	1.05	1.09	1.12	1.14
Arg	1.36	1.38	1.43	1.41	1.43	1.36	1.25	1.29	1.28	1.30	1.37	1.13	1.18	1.18	1.20
Met	0.54	0.50	0.49	0.51	0.56	0.47	0.48	0.43	0.46	0.51	0.44	0.43	0.39	0.43	0.47
Met+Cis	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.82	0.82	0.82	0.82	0.82
Trp	0.22	0.20	0.22	0.21	0.22	0.22	0.19	0.20	0.20	0.20	0.22	0.19	0.19	0.18	0.18
Tre	0.87	0.86	0.91	0.87	0.91	0.92	0.78	0.83	0.79	0.83	0.93	0.71	0.76	0.73	0.76
Gli	0.82	0.82	0.84	0.83	0.84	0.84	0.81	0.81	0.76	0.77	0.79	0.71	0.74	0.69	0.71
Gli+Ser	1.36	1.36	1.40	1.38	1.40	1.41	1.36	1.36	1.26	1.28	1.32	1.20	1.24	1.15	1.17
His	0.38	0.38	0.44	0.39	0.39	0.40	0.38	0.38	0.35	0.36	0.37	0.34	0.35	0.32	0.33
Ile	0.87	0.88	0.91	0.88	0.90	0.90	0.80	0.82	0.81	0.82	0.85	0.71	0.75	0.74	0.75
Leu	1.31	1.31	1.48	1.33	1.35	1.35	1.30	1.30	1.21	1.23	1.26	1.14	1.19	1.11	1.13
Fen	0.79	0.79	0.82	0.80	0.82	0.81	0.77	0.77	0.73	0.74	0.76	0.69	0.71	0.67	0.68
Fen+Tir	1.47	1.47	1.51	1.49	1.51	1.51	1.45	1.45	1.35	1.38	1.42	1.28	1.33	1.24	1.27
Val	0.98	1.00	1.05	1.07	1.01	1.02	0.91	0.95	0.98	0.92	0.95	0.81	0.87	0.90	0.84



**Cuadro 8: Contenido nutricional calculado de las dietas experimentales de los tratamientos bajo un programa de alimentación de dos fases.**

TRATAMIENTOS	NRC1994		COBB		BAKER		CVB		KOREA	
NUTRIENTES	INICIO	CRECI-MIENTO	INICIO	CRECI-MIENTO	INICIO	CRECI-MIENTO	INICIO	CRECI-MIENTO	INICIO	CRECI-MIENTO
	0-21d	22-42d	0-21d	22-42d	0-21d	22-42d	0-21d	22-42d	0-21d	22-42d
EM, Mcal/kg	3.072	3.180	3.072	3.180	3.072	3.180	3.072	3.180	3.072	3.180
Proteína cruda , %	20.100	20.432	20.298	19.187	21.531	19.186	21.912	19.581	20.745	18.742
Lis, %	1.270	1.170	1.270	1.120	1.310	1.120	1.290	1.150	1.310	1.170
Arg, %	1.330	1.364	1.346	1.268	1.444	1.267	1.476	1.299	1.380	1.230
Met, %	0.615	0.511	0.613	0.527	0.596	0.527	0.591	0.522	0.607	0.533
Met+Cist, %	0.940	0.840	0.940	0.840	0.940	0.840	0.940	0.840	0.940	0.840
Trp, %	0.244	0.250	0.247	0.232	0.265	0.232	0.271	0.238	0.253	0.225
Treo, %	0.840	0.860	0.830	0.740	0.880	0.780	0.840	0.750	0.880	0.780
Gli, %	0.900	0.917	0.909	0.865	0.962	0.864	0.980	0.881	0.927	0.844
Gli+Ser, %	1.960	1.999	1.980	1.882	2.099	1.879	2.139	1.919	2.021	1.834
His, %	0.538	0.548	0.543	0.516	0.576	0.516	0.587	0.526	0.554	0.503
Ile, %	0.848	0.869	0.858	0.810	0.919	0.809	0.939	0.829	0.879	0.786
Leu, %	1.685	1.709	1.699	1.628	1.782	1.626	1.810	1.654	1.728	1.594
Fen, %	0.999	1.021	1.010	0.957	1.075	0.956	1.097	0.978	1.033	0.932
Fen+Tir, %	1.970	2.002	1.988	1.899	2.094	1.897	2.129	1.932	2.024	1.857
Val, %	0.940	0.960	0.970	0.901	1.010	0.900	1.030	0.920	0.971	0.870
Calcio, %	0.900	0.760	0.900	0.760	0.900	0.760	0.900	0.760	0.900	0.760
Fósforo disponible, %	0.450	0.380	0.450	0.380	0.450	0.380	0.450	0.380	0.450	0.380
Sodio, %	0.200	0.170	0.200	0.170	0.200	0.170	0.200	0.170	0.200	0.170



**Cuadro 9: <<continuación>>.**

TRATAMIENTOS	CVB			KOREA		
INSUMOS, %	PRE-INICIO	INICIO	CRECIMIENTO	PRE-INICIO	INICIO	CRECIMIENTO
	0-10d	11-21d	22-42d	0-10d	11-21d	22-42d
MAIZ	50.908	57.526	61.334	54.499	60.090	63.778
H DE SOYA, 48%	40.306	35.244	31.063	37.057	32.913	28.844
ACEITE DE SOYA	4.464	3.291	4.265	3.828	2.831	3.829
FOSF DICALCICO	2.323	2.065	1.679	2.361	2.092	1.705
CARBONATO DE CALC	1.013	0.928	0.803	1.016	0.929	0.803
SAL	0.483	0.481	0.401	0.481	0.479	0.400
DL-METIONINA	0.294	0.249	0.222	0.326	0.272	0.244
LISINA-HCL	0.106	0.116	0.129	0.238	0.219	0.228
PREMIX	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
L-TREONINA	0.003	0.000	0.004	0.094	0.075	0.069
TOTAL, %	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

**Cuadro 10: Contenido nutricional calculado de las dietas experimentales de los tratamientos bajo un programa de alimentación de tres fases.**

TRATAMIENTOS	NRC1994			COBB			BAKER		
NUTRIENTES	PRE- INICIO	INICIO	CRECI- MIENTO	PRE- INICIO	INICIO	CRECI- MIENTO	PRE- INICIO	INICIO	CRECI- MIENTO
	0-10d	11-21d	22-42d	0-10d	11-21d	22-42d	0-10d	11-21d	22-42d
EM, Mcal/kg	3.072	3.072	3.180	3.072	3.072	3.180	3.072	3.072	3.180
Proteína cruda , %	20.953	21.701	22.861	21.146	20.471	20.804	22.378	20.253	18.558
Lis, %	1.320	1.240	1.160	1.320	1.190	1.050	1.360	1.190	1.090
Arg, %	1.396	1.460	1.559	1.413	1.365	1.398	1.510	1.346	1.218
Met, %	0.645	0.544	0.458	0.642	0.559	0.485	0.626	0.563	0.515
Met+Cist, %	0.980	0.890	0.820	0.980	0.890	0.820	0.980	0.890	0.820
Trp, %	0.256	0.268	0.287	0.259	0.250	0.257	0.278	0.247	0.222
Treo, %	0.880	0.920	0.930	0.860	0.780	0.793	0.910	0.830	0.760
Gli, %	0.935	0.971	1.024	0.944	0.919	0.935	0.997	0.909	0.837
Gli+Ser, %	2.039	2.119	2.238	2.059	2.003	2.040	2.178	1.980	1.820
His, %	0.559	0.581	0.614	0.565	0.550	0.560	0.597	0.543	0.499
Ile, %	0.889	0.929	0.850	0.899	0.800	0.710	0.959	0.858	0.779
Leu, %	1.738	1.797	1.876	1.752	1.716	1.739	1.835	1.699	1.584
Fen, %	1.043	1.086	1.151	1.053	1.023	1.044	1.118	1.010	0.924
Fen+Tir, %	2.038	2.112	2.215	2.056	2.009	2.040	2.162	1.988	1.844
Val, %	0.980	1.020	1.080	1.000	0.962	0.981	1.050	0.950	0.870
Calcio, %	1.000	0.900	0.760	1.000	0.900	0.760	1.000	0.900	0.760
Fósforo disponible, %	0.500	0.450	0.380	0.500	0.450	0.380	0.500	0.450	0.380
Sodio, %	0.200	0.200	0.170	0.200	0.200	0.170	0.200	0.200	0.170

**Cuadro 10: <<continuación>>.**

TRATAMIENTOS	CVB			KOREA		
NUTRIENTES	PRE-INICIO	INICIO	CRECIMIENTO	PRE-INICIO	INICIO	CRECIMIENTO
	0-10d	11-21d	22-42d	0-10d	11-21d	22-42d
EM, Mcal/kg	3.072	3.072	3.180	3.072	3.072	3.180
Proteína cruda , %	22.759	20.846	19.154	21.575	20.000	18.346
Lis, %	1.340	1.220	1.120	1.360	1.240	1.140
Arg, %	1.542	1.394	1.266	1.445	1.325	1.200
Met, %	0.621	0.554	0.507	0.637	0.566	0.518
Met+Cist, %	0.980	0.890	0.820	0.980	0.890	0.820
Trp, %	0.284	0.256	0.232	0.266	0.243	0.219
Treo, %	0.870	0.792	0.730	0.910	0.830	0.760
Gli, %	1.015	0.935	0.864	0.961	0.897	0.827
Gli+Ser, %	2.218	2.040	1.879	2.098	1.954	1.798
His, %	0.608	0.559	0.516	0.576	0.536	0.493
Ile, %	0.980	0.888	0.809	0.919	0.845	0.768
Leu, %	1.863	1.741	1.626	1.779	1.681	1.569
Fen, %	1.140	1.042	0.956	1.075	0.996	0.912
Fen+Tir, %	2.197	2.041	1.897	2.091	1.965	1.824
Val, %	1.070	0.980	0.900	1.010	0.937	0.859
Calcio, %	1.000	0.900	0.760	1.000	0.900	0.760
Fósforo disponible, %	0.500	0.450	0.380	0.500	0.450	0.380
Sodio, %	0.200	0.200	0.170	0.200	0.200	0.170



**Cuadro 11: Suplemento vitamínico-mineral utilizado en las dietas experimentales por tonelada de alimento.**

Composición	Unidad
Retinol (Vitamina A)	12 000 000 UI
Colecalciferol (Vitamina D <sub>3</sub> )	5 000 000 UI
DL Alfa Tocoferol Acetato (Vitamina E)	30 000 UI
Menadiona Bisulfito (Vitamina K <sub>3</sub> )	3 g
Tiamina (Vitamina B <sub>1</sub> )	2 g
Rivoflavina (Vitamina B <sub>2</sub> )	10 g
Piridoxina (Vitamina B <sub>6</sub> )	3 g
Cianocobalamina (Vitamina B <sub>12</sub> )	0.015 g
Ácido pantoténico (Vitamina B <sub>5</sub> )	11 g
Ácido fólico (Vitamina B <sub>9</sub> )	2 g
Niacina (Vitamina B <sub>3</sub> )	30 g
Biotina (Vitamina B <sub>7</sub> )	0.15 g
Manganeso	80 g
Zinc	80 g
Hierro	50 g
Cobre	12 g
Yodo	1 g
Selenio	0.30 g
Excipientes c.s.p.	1 Kg

### **3.8 ALIMENTACIÓN**

Durante el periodo de 6 semanas que duró el experimento se suministró las dietas correspondientes a sus respectivos tratamientos de forma *ad libitum* teniendo cuidado con el volumen que acepta los comederos para evitar desperdicios. De la misma forma se procedió con el agua, que fue suministrada de forma *ad libitum*; teniendo en consideración el nivel de temperatura y de turbiedad de la misma para su cambio cuando sea necesario. Durante la primera semana se suministró el agua tratada con vitamina B. Cabe señalar que las aves vinieron vacunadas contra las enfermedades de Marek, Newcastle y bronquitis infecciosa, desde la planta de incubación. Por encontrarse las instalaciones lejos de las granjas de pollos y por ser de baja la densidad de animales no se realizó otra vacunación.

### **3.9 PARÁMETROS DE EVALUACIÓN**

#### **3.9.1 PESO PROMEDIO DE LAS AVES**

Los pollos en su totalidad fueron pesados a su recepción, a los 10 días, 21 días y 42 días. La evaluación se hizo por cada unidad experimental. El peso fue expresado en gramos.

#### **3.9.2 GANANCIA DE PESO**

La ganancia de peso fue calculada restando el peso final promedio de cada unidad experimental menos el peso promedio inicial de la misma, en el periodo correspondiente de evaluación. La ganancia de peso fue expresada en gramos.

Los periodos de evaluación fueron los siguientes:

- De 0 a 10 días
- De 11 a 21 días
- De 22 a 42 días
- De 0 a 21 días
- De 0 a 42 días

### **3.9.3 CONSUMO DE ALIMENTO**

El consumo de alimento se determinó por la diferencia entre el alimento ofrecido y el residual en cada etapa experimental.

El período de evaluación fue el siguiente:

- De 0 a 10 días
- De 11 a 21 días
- De 22 a 42 días
- De 0 a 21 días
- De 0 a 42 días

La evaluación se hizo por cada unidad experimental. El consumo de alimento fue ajustado por la mortalidad en cada tratamiento.

### **3.9.4 CONVERSIÓN ALIMENTICIA**

La conversión alimenticia (CA) fue hallada mediante la siguiente fórmula:

$$C. A. = \frac{\text{CONSUMO DE ALIMENTO (g)}}{\text{GANANCIA DE PESO VIVO (g)}}$$

Los períodos de evaluación fueron los siguientes:

- De 0 a 10 días
- De 11 a 21 días
- De 22 a 42 días
- De 0 a 21 días
- De 0 a 42 días

La evaluación se hizo por cada unidad experimental.

### **3.9.5 RENDIMIENTO DE CARCASA**

Se determinó el rendimiento de carcasa al día 42. Se sacrificó un ave, escogida al azar, por cada unidad experimental para el cálculo.

El valor del rendimiento de carcasa fue expresado como la proporción, en porcentaje, entre el peso fresco de la carcasa (peso del pollo beneficiado, desangrado, sin plumas, patas, cabeza, ni vísceras comestibles y no comestibles) y el peso del pollo vivo.

Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{RENDIMIENTO DE CARCASA (\%)} = \frac{\text{PESO FRESCO DE CARCASA}}{\text{PESO VIVO}} \times 100$$

### **3.9.6 RENDIMIENTO DE PECHUGA**

Se determinó el rendimiento de pechuga al día 42. Se utilizó la misma ave sacrificada para hallar el rendimiento de carcasa.

El valor de rendimiento de pechuga fue expresado como la proporción en porcentaje entre la pechuga, libre de todo hueso, y el peso fresco de la carcasa.

Se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{RENDIMIENTO DE PECHUGA (\%)} = \frac{\text{PESO DE LA PECHUGA}}{\text{PESO FRESCO DE CARCASA}} \times 100$$

### **3.9.7 RETRIBUCIÓN ECONÓMICA**

La retribución económica fue determinada basándose en los costos de las dietas y el ingreso por venta del peso vivo promedio de los pollos de cada uno de los tratamientos.

La retribución económica fue determinada mediante la siguiente fórmula:

$$RE = I - C$$

donde:

RE = Retribución económica

I = Ingreso por venta de pollo vivo

C = Costos de alimentación

### 3.10 DISEÑO ESTADÍSTICO EXPERIMENTAL

Los resultados de pesos vivos, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, rendimiento de carcasa y rendimiento de pechuga fueron analizados mediante el análisis de variancia (ANOVA), utilizando el Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA); con un arreglo factorial de 5x2, resultado de cinco perfiles de proteína ideal (NRC 1994, COBB, BAKER, CVB y KOREA) \* dos programas de alimentación (dos y tres fases). Se bloqueó (cuatro bloques) considerando el efecto de la ubicación de las jaulas con respecto al piso.

El modelo aditivo lineal aplicado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + S_j + T_i S_j + B_k + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Valor del carácter estudiado en el perfil de proteína ideal i, programa de alimentación j y bloque k.

$\mu$  = Media general

$T_i$  = Efecto del i-ésimo perfil de proteína ideal (i= 1, 2, 3, 4, 5)

$S_j$  = Efecto de j-ésimo programa de alimentación (j= 1,2)

$T_i S_j$  = Efecto de la interacción entre el i-ésimo perfil de proteína ideal y el j-ésimo programa de alimentación.

$B_k$  = Efecto del bloque (k= 1, 2, 3, 4)

$E_{ijk}$  = Efecto del error experimental

Se realizó el análisis de variancia para los parámetros a evaluar y la comparación de medias se llevó a cabo bajo la prueba de Tukey.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1 RENDIMIENTO PRODUCTIVO**

No se encontraron efectos significativos por parte de la interacción de los factores para ninguno de los parámetros evaluados en todas las etapas de crianza del presente estudio. Por lo tanto, la discusión de los resultados se centrará en los efectos sobre la performance de los factores principales, perfil de proteína ideal y programa de alimentación por separado.

### **4.2 PESO VIVO Y GANANCIA DE PESO**

Los pesos vivos y ganancias de pesos obtenidos en la fase de inicio (0-21 días) por efecto del perfil de proteína ideal se muestran en el Cuadro 12. No se observaron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) en sus respectivos análisis de variancia.

Con respecto al perfil de proteína ideal, los resultados coinciden con lo reportado por Baker y Han (1994) que al comparar los perfiles del NRC 1994 y de BAKER, usando dietas purificadas que contenían 0.90% de lisina (un nivel considerado deficiente para las aves en esta etapa), no encontraron diferencias estadísticas entre ambos patrones evaluados. Dichos autores encontraron que la menor relación His:Lis que presenta el perfil del NRC 1994 frente al nivel que arroja la proteína ideal de BAKER es suficiente para garantizar una adecuada ganancia de peso. Warren y Emmert (2000), usando la recomendación de lisina de BAKER para el perfil del NRC 1994, tampoco registraron diferencias estadísticas significativas al evaluar las recomendaciones del NRC 1994 y de BAKER, en pollos Cobb en el periodo de 0-21 días.

**Cuadro 12: Efecto del perfil de proteína ideal y el programa de alimentación sobre el comportamiento productivo de los pollos de carne en la etapa de inicio (0-21 días).**

Tratamiento	Peso vivo, (g)	Ganancia de peso,(g)	Consumo de alimento, (g)	Conversión alimenticia
Efecto del perfil de proteína ideal				
NRC 1994	800 <sup>a</sup>	756 <sup>a</sup>	1050 <sup>a</sup>	1.39 <sup>a</sup>
COBB	802 <sup>a</sup>	758 <sup>a</sup>	1061 <sup>a</sup>	1.40 <sup>a</sup>
BAKER	812 <sup>a</sup>	769 <sup>a</sup>	1047 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>
CVB	817 <sup>a</sup>	773 <sup>a</sup>	1038 <sup>a</sup>	1.34 <sup>a</sup>
KOREA	793 <sup>a</sup>	749 <sup>a</sup>	1005 <sup>a</sup>	1.34 <sup>a</sup>
Efecto del programa de alimentación				
2 fases	803 <sup>a</sup>	759 <sup>a</sup>	1047 <sup>a</sup>	1.38 <sup>a</sup>
3 fases	807 <sup>a</sup>	763 <sup>a</sup>	1034 <sup>a</sup>	1.36 <sup>a</sup>
Efecto de la interacción perfil de proteína ideal x programa de alimentación				
NRC 1994 x 2 fases	797	754	1046	1.39
NRC 1994 x 3 fases	802	758	1054	1.39
COBB x 2 fases	795	752	1049	1.40
COBB x 3 fases	808	765	1074	1.40
BAKER x 2 fases	825	781	1088	1.39
BAKER x 3 fases	800	757	1007	1.33
CVB x 2 fases	815	772	1031	1.34
CVB x 3 fases	819	775	1045	1.35
KOREA x 2 fases	782	738	1020	1.38
KOREA x 3 fases	803	759	989	1.30
Nivel de probabilidad				
Perfil de proteína ideal	0.505	0.4931	0.3549	0.3076
Programa de alimentación	0.7208	0.721	0.4666	0.2754
Interacción	0.6237	0.6297	0.352	0.4801

<sup>a</sup> Medias con letras iguales en una misma columna no difieren significativamente ( $p>0.05$ ).

Sin embargo; Morales (1999) reportó diferencias estadísticas significativas al comparar los perfiles del modelo propuesto por BAKER (formulado en base a aminoácidos digestibles) y del NRC 1994 (formulado en base a aminoácidos totales), a favor del perfil de BAKER en dietas basadas en maíz, pasta de soya, gluten de maíz y harina de carne; en pollos de engorda Ross en la etapa de 0 a 21 días.

Los resultados en este estudio pueden deberse a que las aves fueron alimentadas con dietas con una cantidad de aminoácidos esenciales que cubrían las necesidades para este parámetro, donde no existió desbalances marcados entre aminoácidos, como se observa en todos los perfiles evaluados para la etapa de inicio.

Los pesos vivos y ganancias de pesos obtenidos por efecto del programa de alimentación en la fase de inicio (0-21 días) se muestran en el Cuadro 12. No se observaron diferencias significativas ( $p>0.05$ ) al realizar el análisis de variancia.

Estos resultados concuerdan con Warren y Emmert (2000) y Shakouri y Malekzadeh (2016), quienes no encontraron diferencias estadísticas para ganancia de peso para esta etapa al comparar programas de alimentación de una fase y tres fases; y de dos fases y tres fases; respectivamente. Los resultados muestran que los niveles de aminoácidos pueden ser reducidos gradualmente al pasar de una dieta de pre-inicio a inicio en el programa de alimentación de tres fases, comparándola también con la fase de inicio del programa de alimentación de dos fases, sin afectar la ganancia de peso.

Los pesos vivos y ganancias de pesos de la etapa de crecimiento (22-42 días), obtenidos por efecto del perfil de proteína ideal, se muestran en el Cuadro 13. Al análisis de variancia, se encontró diferencias estadísticas altamente significativas ( $p<0.01$ ) para ambos parámetros. El perfil del NRC 1994 obtuvo un peso vivo y una ganancia de peso significativamente mejores, al realizar la prueba de Tukey.

El perfil de proteína ideal NRC 1994 presentó una relación Met+Cist:Lis del 72:100, en promedio, para la fase de crecimiento-acabado; coincidiendo con lo encontrado por Rostagno *et al.* (2005) y Goulart *et al.* (2011), quienes registraron que la mejor ganancia de peso se obtuvo con una proporción de Met+Cist:Lis del 72:100 en las fases finales en pollos de engorde.



**Cuadro 13: Efecto del perfil de proteína ideal y el programa de alimentación sobre el comportamiento productivo de los pollos de carne en la etapa de crecimiento (22-42 días).**

Tratamiento	Peso vivo, (g)**	Ganancia de peso,(g)**	Consumo de alimento, (g)	Conversión alimenticia*
Efecto del perfil de proteína ideal				
NRC 1994	2910 <sup>a</sup>	2111 <sup>a</sup>	3679 <sup>a</sup>	1.74 <sup>b</sup>
COBB	2768 <sup>b</sup>	1966 <sup>b</sup>	3594 <sup>a</sup>	1.83 <sup>ab</sup>
BAKER	2786 <sup>b</sup>	1973 <sup>b</sup>	3567 <sup>a</sup>	1.81 <sup>ab</sup>
CVB	2718 <sup>b</sup>	1901 <sup>b</sup>	3453 <sup>a</sup>	1.82 <sup>ab</sup>
KOREA	2736 <sup>b</sup>	1943 <sup>b</sup>	3642 <sup>a</sup>	1.87 <sup>a</sup>
Efecto del programa de alimentación				
2 fases	2788 <sup>a</sup>	1984 <sup>a</sup>	3564 <sup>a</sup>	1.80 <sup>a</sup>
3 fases	2780 <sup>a</sup>	1973 <sup>a</sup>	3610 <sup>a</sup>	1.83 <sup>a</sup>
Efecto de la interacción perfil de proteína ideal x programa de alimentación				
NRC 1994 x 2 fases	2903	2106	3705	1.76
NRC 1994 x 3 fases	2917	2115	3653	1.73
COBB x 2 fases	2798	2003	3520	1.76
COBB x 3 fases	2738	1930	3668	1.90
BAKER x 2 fases	2769	1944	3457	1.78
BAKER x 3 fases	2802	2002	3677	1.84
CVB x 2 fases	2690	1874	3364	1.79
CVB x 3 fases	2747	1929	3543	1.84
KOREA x 2 fases	2778	1995	3775	1.89
KOREA x 3 fases	2694	1890	3510	1.86
Nivel de probabilidad				
Perfil de proteína ideal	<.0001	<.0001	0.144	0.0366
Programa de alimentación	0.7364	0.6138	0.4233	0.1617
Interacción	0.2691	0.0923	0.0583	0.1685

<sup>a, b</sup> Medias con letras diferentes en una misma columna difieren significativamente (\*p<0.05; \*\*p<0.01).

Morales (1999) no encontró diferencias estadísticas para peso vivo y ganancia de peso en la etapa de 21 a 42 días al comparar los perfiles del NRC 1994, con una relación Met+Cist:Lis de 72:100, frente a una relación más amplia de Met+Cist:Lis de 75:100 determinado por el modelo propuesto por BAKER (IICP) en pollos de la línea Ross. Sin embargo; la ganancia de peso registrada por las aves que recibieron los tratamientos formulados bajo el perfil de proteína ideal del NRC 1994 fue numéricamente mayor, coincidiendo con el resultado obtenido en el presente estudio. Asimismo, Sayers (1997) y Poves (1999) no encontraron diferencias estadísticas al comparar los perfiles del NRC 1984 y NRC 1994, ambos con una proporción de Met+Cist:Lis de 72:100, pareciendo ser esta una relación adecuada de aminoácidos azufrados/lisina para lograr una óptima ganancia de peso en la etapa de crecimiento; coincidiendo con lo obtenido en este estudio.

La dieta formulada bajo el perfil de proteína ideal KOREA, al igual que el perfil del NRC 1994, presentó una relación de Met+Cist:Lis del 72%; sin embargo, obtuvo una menor ganancia de peso probablemente debido a que su proporción azufrados/lisina se mantiene respecto a la fase de inicio; mientras que en el perfil del NRC 1994 disminuye.

Taherkhani *et al.* (2008) al comparar en la etapa de crecimiento los perfiles de proteína ideal del NRC 1994, BAKER, FEEDSTUFF con ratios de Met+Cist:Lis de 72:100, 75:100, 80:100; respectivamente no reportaron diferencias estadísticas. Al comparar estos perfiles con el perfil del RPAN (con una proporción Met+Cist:Lis del 81%), encontraron que el modelo RPAN tuvo la peor ganancia de peso debido a la excesiva relación Leu:Lis que presentaba este perfil.

Estos resultados no coinciden con Riboty (2003) y Moscoso (2006) quienes no reportaron diferencias estadísticas significativas para ganancia de peso al comparar diferentes proporciones de Met+Cist:Lis al evaluar cuatro perfiles de proteína ideal DEGUSSA (82:100), BAKER (75:100), HURWITZ modificado (73:100), Proteína Neta Consumida para Mantenimiento (86:100); y los perfiles del modelo FACTORIAL propuesto, NRC 1994 y RIBOTY 2003; respectivamente. Cabe indicar que en el estudio realizado por Moscoso (2006) el perfil del NRC 1994 y el FACTORIAL tuvieron una relación Met+Cist:Lis del 72:100; mientras que en el modelo RIBOTY 2003 fue de 86:100 resultado que no coincide con lo obtenido en este estudio, donde la mayor

ganancia de peso se obtuvo con el perfil NRC 1994 comparado con perfiles que registraron una relación Met+Cist:Lis mayor; como el de COBB y BAKER.

Rostagno *et al.* (2011) encontraron una mejor respuesta para ganancia de peso con una relación de Met+Cist:Lis del 73:100; mismo ratio que presenta el perfil de proteína ideal CVB para la fase de crecimiento-acabado en el presente estudio. Dicho perfil obtuvo numéricamente la ganancia de peso más baja en esta etapa.

Con respecto al programa de alimentación, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p>0.05$ ) al realizar el análisis de variancia, según se observa en el Cuadro 13, para los resultados de peso vivo y ganancia de peso en la etapa de 22-42 días.

Estos resultados coinciden con lo encontrado por Shakouri y Malekzadeh (2016), quienes no registraron diferencias significativas para ganancia de peso al evaluar programas de alimentación de dos fases (1-21, 22-42d) y de tres fases (1-10, 11-24, 25-42d) en la etapa de 22-42 días. Warren y Emmert (2000) tampoco obtuvieron diferencias estadísticas al comparar dos programas de alimentación de una fase -40 a 61 días- (bajo un perfil de proteína ideal del NRC 1994 o de BAKER; respectivamente); y de 3 fases- 40 a 47d, 47-54d, 54-61d- (bajo un patrón de proteína ideal obtenido por ecuaciones de regresión modificadas) en pollos Cobb.

Los pesos vivos y ganancias de pesos del acumulado por campaña (0-42 días) obtenidos por efecto del perfil de proteína ideal se muestran en el Cuadro 14. Al análisis de variancia; se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ( $p<0.01$ ) a favor del perfil de proteína ideal del NRC 1994 al realizar la prueba de Tukey.

El resultado siguió la misma tendencia que la encontrada en la etapa de crecimiento-acabado (22-42 días). Parece que la diferencia obtenida en la fase de crecimiento (Cuadro 13) fue determinante en la ganancia de peso total, debido a que en la etapa de inicio no hubo diferencias estadísticas (Cuadro 12). Esto puede deberse a que el perfil del NRC 1994 presentó un nivel descendente de la proporción Met+Cist:Lis a medida que aumentaba la edad del animal; mientras que en los demás perfiles dicha relación aumentaba (COBB y BAKER) o se mantenía (CVB y KOREA).

**Cuadro 14: Efecto del perfil de proteína ideal y el programa de alimentación sobre el comportamiento productivo de los pollos de carne en el acumulado (0-42 días).**

Tratamiento	Peso vivo, (g)**	Ganancia de peso,(g)**	Consumo de alimento, (g)	Conversión alimenticia**	Rendimiento de carcasa, (%)	Rendimiento de pechuga, (%)
Efecto del perfil de proteína ideal						
NRC 1994	2910 <sup>a</sup>	2867 <sup>a</sup>	4674 <sup>a</sup>	1.63 <sup>b</sup>	74.7 <sup>a</sup>	28.8 <sup>a</sup>
COBB	2768 <sup>b</sup>	2724 <sup>b</sup>	4618 <sup>a</sup>	1.70 <sup>ab</sup>	73.1 <sup>a</sup>	28.4 <sup>a</sup>
BAKER	2786 <sup>b</sup>	2742 <sup>b</sup>	4618 <sup>a</sup>	1.68 <sup>ab</sup>	74.0 <sup>a</sup>	29.1 <sup>a</sup>
CVB	2718 <sup>b</sup>	2675 <sup>b</sup>	4568 <sup>a</sup>	1.71 <sup>ab</sup>	74.9 <sup>a</sup>	29.5 <sup>a</sup>
KOREA	2736 <sup>b</sup>	2692 <sup>b</sup>	4695 <sup>a</sup>	1.74 <sup>a</sup>	74.4 <sup>a</sup>	29.6 <sup>a</sup>
Efecto del programa de alimentación						
2 fases	2788 <sup>a</sup>	2744 <sup>a</sup>	4613 <sup>a</sup>	1.68 <sup>a</sup>	74.6 <sup>a</sup>	28.8 <sup>a</sup>
3 fases	2780 <sup>a</sup>	2736 <sup>a</sup>	4656 <sup>a</sup>	1.70 <sup>a</sup>	73.8 <sup>a</sup>	29.4 <sup>a</sup>
Efecto de la interacción perfil de proteína ideal x programa de alimentación						
NRC 1994 x 2 fases	2903	2859	4639	1.62	74.1	28.5
NRC 1994 x 3 fases	2917	2874	4709	1.64	75.2	29.1
COBB x 2 fases	2798	2754	4570	1.66	73.9	28.5
COBB x 3 fases	2738	2694	4667	1.73	72.3	28.2
BAKER x 2 fases	2769	2725	4508	1.65	75.4	28.6
BAKER x 3 fases	2802	2758	4727	1.71	72.6	29.6
CVB x 2 fases	2690	2646	4578	1.73	74.8	29.3
CVB x 3 fases	2747	2703	4558	1.69	75.1	29.8
KOREA x 2 fases	2778	2734	4772	1.75	75.0	28.9
KOREA x 3 fases	2694	2650	4619	1.74	73.8	30.3
Nivel de probabilidad						
Perfil de proteína ideal	<.0001	<.0001	0.3867	0.0057	0.4212	0.1664
Programa de alimentación	0.7364	0.7365	0.3371	0.2533	0.2137	0.0866
Interacción	0.2691	0.2685	0.1175	0.2397	0.3322	0.6742

<sup>a, b</sup> Medias con letras diferentes en una misma columna difieren significativamente (\*\*p<0.01).

Morales (1999) no encontró diferencias estadísticas para ganancia de peso al comparar los perfiles del BAKER y del NRC 1994, con dietas formuladas a base de maíz-pasta de soya en pollos machos Ross. Sin embargo; el perfil del NRC 1994 presentó mejores resultados numéricos que BAKER, siguiendo la misma tendencia que en lo obtenido en el presente estudio. Sayers (1997) también obtuvo un mejor resultado numérico para ganancia de peso para el perfil del NRC 1994, al compararlo con el perfil del NRC 1984, ambos con proporciones descendientes de Met+Cist:Lis, en pollos machos y hembras a lo largo de la campaña (0-42 días). Sin embargo, Poves (1999) al comparar los perfiles del NRC 1984 y NRC 1994 (ambos modelos con niveles descendentes de Met+Cist:Lis), encontró una mejor ganancia de peso para las aves alimentadas bajo el perfil del NRC 1984 al final de la etapa de crianza (0-49 días), probablemente debido a que el nivel de lisina recomendado para inicio por el NRC 1994 es considerado deficiente para dicha etapa (Vazquez y Pesti, 1997; Calle, 2002).

Los resultados obtenidos en el presente estudio no coinciden con Pedroso *et al.* (2003) y Riboty (2003) quienes no reportaron diferencias estadísticas para peso vivo y ganancia de peso, al comparar diferentes perfiles de proteína ideal con niveles de Met+Cist:Lis ascendentes y descendentes, respectivamente; para el acumulado por campaña. Moscoso (2006) registró una mejor ganancia de peso con el perfil de proteína ideal con una mayor proporción Met+Cist:Lis al compararlo con el perfil del NRC 1994 no concordando con los resultados de este estudio.

El perfil de proteína ideal del NRC 1994 trabajada en este estudio parece tener un adecuado balance de aminoácidos azufrados respecto a la lisina (considerando un nivel decreciente a medida que el ave avanza en edad). Un desbalance de aminoácidos afecta la performance del ave, reduciendo principalmente el consumo de alimento lo que podría causar un retraso en el crecimiento (Harper y Rogers, 1965; Taherkhani *et al.*, 2008).

En pollos en crecimiento, una deficiencia proteica leve o de algún aminoácido esencial resulta en una depresión en el crecimiento y en un emplume pobre. En cambio, una deficiencia severa de proteína o un aminoácido esencial da como resultado un cese inmediato del crecimiento y una pérdida diaria del 6-7% en peso. Los aminoácidos que limitan el crecimiento son la metionina, la lisina y la treonina; siendo la metionina el

primer aminoácido limitante, la lisina el segundo y la treonina el tercero (Rojas, 1979; Han *et al.*, 1992; Ajinomoto, 2012).

Al análisis de los resultados (Cuadro 14) no se observan diferencias estadísticas significativas ( $p>0.05$ ), al realizar el análisis de variancia, para peso vivo y ganancia de peso, por efecto del programa de alimentación en el acumulado por campaña (0-42 días) mostrando la alta tolerancia de la línea Cobb a diferentes regímenes alimenticios.

Estos resultados coinciden con Rodrigueiro *et al.* (2000), Dozier *et al.* (2006), Gómez *et al.* (2011), Attia *et al.* (2016) y Shakouri y Malekzadeh (2016), quienes no encontraron diferencias estadísticas significativas para ganancia de peso en el acumulado por campaña (42 días) al evaluar programas de alimentación con distintos números de fases.

Los resultados del presente estudio muestran que los pollos de engorde pueden cambiar a dietas de menor densidad nutricional de aminoácidos (delineado por las fases de alimentación), antes de las 3 semanas de edad, sin afectar la ganancia de peso al final de la campaña.

#### **4.3 CONSUMO DE ALIMENTO**

Los resultados obtenidos en la fase de inicio (0-21 días) se observan en el Cuadro 12. Al análisis de variancia no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p>0.05$ ) por efecto del perfil de proteína ideal.

Los resultados obtenidos coinciden con lo encontrado por Baker y Han (1994) quienes compararon los perfiles del NRC 1994 y de BAKER, usando dietas purificadas que contenían 0.90% de lisina en la dieta, no registraron diferencias estadísticas para consumo de alimento entre los patrones evaluados. Dichos autores afirmaron que la proporción de His:Lis más baja presentada por el perfil NRC 1994 en comparación con el perfil de BAKER es suficiente para asegurar un adecuado consumo de alimento que nos pueda garantizar una adecuada performance por parte del ave, concordando con lo registrado en el presente estudio. Morales (1999) y Warren y Emmert (2000) tampoco obtuvieron diferencias significativas para consumo de alimento al comparar los perfiles del NRC 1994 y de BAKER, en pollos machos Ross y Cobb respectivamente; para la

fase de 0-21 días. Girano (2004) no reportó diferencias significativas para consumo de alimento al comparar los perfiles de proteína ideal de DEGUSSA y el Modelo de Proteína Neta Consumida para Mantenimiento (MPNCM); con niveles de His:Lis de 29:100 y 30:100; respectivamente, durante la etapa de 0-21 días.

Con respecto al efecto logrado por el programa de alimentación para la fase de inicio (0-21 días), los resultados se muestran en el Cuadro 12. El análisis de variancia mostró que no hubo diferencias estadísticas significativas ( $p>0.05$ ) para consumo de alimento.

Los resultados registrados en el presente estudio concuerdan con lo obtenido por Warren y Emmert (2000), quienes no encontraron diferencias estadísticas significativas al evaluar dos programas de alimentación de una fase (0-21 días) y de 3 fases (0-7d, 7-14d y de 14-21d); bajos los perfiles de proteína ideal del NRC 1994 y BAKER; y un perfil determinado por ecuaciones de regresión modificadas obtenidas por Emmert y Baker (1997); respectivamente, en pollos machos Cobb. Sin embargo, Shakouri y Malekzadeh (2016), reportaron que existió diferencias significativas para consumo de alimento al comparar programas de alimentación de 2 fases (1-21, 22-42d) y de 3 fases (1-10, 11-24, 25-42d) con dietas iso-energéticas, obteniendo una mayor ingesta de alimento bajo los tratamientos formulados con el programa de 3 fases. Los autores atribuyen esta diferencia a un suministro inadecuado de nutrientes tales como los aminoácidos debido a una reducción del 2.6% de proteína cruda y una similar reducción en el nivel de aminoácidos lo cual puede causar un mayor consumo de alimento ya que las aves deben consumir más alimento para cumplir con los requerimientos y mantener su patrón de crecimiento en la fase de inicio.

Los resultados obtenidos del consumo de alimento en la etapa de 22-42 días se muestran en el Cuadro 13. Al realizar el análisis de variancia no se encontraron diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) por efecto del perfil de proteína ideal.

Con respecto al patrón de proteína ideal los resultados obtenidos coinciden con lo hallado por Morales (1999) y Warren y Emmert (2000), quienes también evaluaron los perfiles de proteína ideal del NRC 1994 y de BAKER, y no reportaron diferencias estadísticas significativas para consumo de alimento. Taherkhani *et al.* (2008) tampoco observaron diferencias estadísticas en el consumo de alimento al evaluar los perfiles del NRC 1994,

BAKER y del FEEDSTUFF; en pollos Ross 308 machos y hembras en la etapa de 21-42 días. Sin embargo, al comparar el modelo RPAN con los perfiles anteriormente mencionados, encontraron una depresión en el consumo de alimento en dicha etapa; debido a que el perfil RPAN presenta un desbalance de aminoácidos en la relación Leu:Lis, la cual era demasiada alta en contraste con los demás perfiles.

D'Mello y Lewis (1970) reportaron que la suplementación de una dieta con exceso de leucina inhibe la respuesta de las aves al primer aminoácido limitante; haciendo que decrezca la eficiencia de utilización de la proteína. Taherkhani *et al.* (2005) registraron una reducción en el consumo de alimento de pollos hembras debido a la alta relación Leu:Lis (150:100), presentada por el perfil RPAN durante la segunda y tercera semana de vida.

El consumo de alimento en la etapa de 22-42 días obtenido por efecto del programa de alimentación se muestra en el Cuadro 13. Al realizar el análisis de variancia no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p>0.05$ ).

Los resultados obtenidos concuerdan con lo encontrado por Shakouri y Malekzadeh (2016), quienes no encontraron diferencias significativas para consumo de alimento al evaluar programas de alimentación de 2 fases y de 3 fases, en pollos Ross. Warren y Emmert (2000) tampoco registraron diferencias estadísticas significativas al comparar 2 programas de alimentación; de una fase (40-61 días) y de 3 fases (40-47 días, 47-54 días y de 54-61 días) respectivamente, bajo los perfiles del NRC 1994 (programa de 1 fase), de BAKER (programa de 1 fase) y un perfil de proteína ideal obtenido mediante ecuaciones de regresión (programa de 3 fases); en pollos machos.

El consumo de alimento obtenido por efecto del perfil de proteína ideal en el acumulado por campaña (0-42 días) se muestra en el Cuadro 14. No se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p>0.05$ ) al realizar el análisis de variancia.

Estos resultados coinciden con lo hallado por Morales (1999) quien no reportó diferencias estadísticas para el consumo de alimento acumulado, al comparar los perfiles de proteína ideal de BAKER y del NRC 1994 en pollos machos Ross, con dietas formuladas a base de maíz y pasta de soya. Pedroso *et al.* (2003), Riboty (2003) y



Moscoso (2006) tampoco encontraron diferencias estadísticas significativas al comparar perfiles de proteína ideal con diferentes relaciones Met+Cist:Lis, como las presentadas por los perfiles evaluados en el presente estudio. Parece ser que la proporción de aminoácidos azufrados respecto a la lisina no tuvo efecto sobre el consumo de alimento.

Si existe una ligera deficiencia de aminoácidos en la dieta formulada el ave puede procurar compensar dicho desbalance consumiendo más de la dieta, en tal caso la tasa de crecimiento puede alcanzar un máximo mas no la eficiencia (Waldroup *et al.*, 1976).

Con respecto al programa de alimentación, no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p>0.05$ ) al realizar el análisis de variancia para consumo de alimento en la etapa de 0 a 42 días, como se puede observar en el Cuadro 14.

Estos resultados coinciden con lo reportado por Rodrigueiro *et al.* (2000), Dozier *et al.* (2006), Attia *et al.* (2016) y Shakouri y Malekzadeh (2016) que no reportaron diferencias estadísticas significativas para consumo de alimento en el acumulado por campaña, al comparar diferentes programas de alimentación en pollos.

#### **4.4 CONVERSIÓN ALIMENTICIA**

Los resultados de la conversión alimenticia en la etapa de inicio (0-21 días) se observan en el Cuadro 12. No se encontraron diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) al realizarse el análisis de variancia, por efecto del perfil de proteína ideal.

Si bien la conversión alimenticia de los pollos alimentados bajo los diferentes perfiles evaluados fue muy similar, numéricamente se reportaron mejores valores para los tratamientos de los patrones de CVB y KOREA.

La relación His:Lis de los perfiles de CVB y KOREA fue en promedio menor a los otros perfiles evaluados, para la fase de inicio (0-21 días). Baker y Han (1994) tampoco registraron diferencias significativas para conversión alimenticia, al comparar los perfiles del NRC 1994 y de BAKER. Sin embargo, dichos autores encontraron una mejor respuesta numérica para el perfil del NRC 1994, que presentó una relación His:Lis menor (32:100), comparada por la presentada por el modelo de BAKER (37:100); coincidiendo

con lo obtenido en el presente estudio; donde una menor proporción His:Lis parece ser suficiente para una óptima conversión alimenticia. De la misma manera, Morales (1999) y Warren y Emmert (2000) registraron que no existen diferencias significativas para conversión alimenticia al comparar los perfiles de proteína ideal del NRC 1994 y de BAKER; en pollos machos Ross, y Cobb; respectivamente. Warren y Emmert (2000) utilizaron la recomendación de lisina de BAKER para el perfil del NRC 1994, debido a que diversos estudios anteriores demostraron que el nivel de lisina en dieta planteado por el NRC 1994 es muy bajo para la etapa de inicio (Vazquez y Pesti, 1997; Poves, 1999; Calle, 2002; Soplin, 2002; Abdel-Maksoud *et al.*, 2010).

Con respecto al efecto logrado por el programa de alimentación, los resultados se muestran en el Cuadro 12, y al realizar el análisis de variancia no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p>0.05$ ) para conversión alimenticia en la etapa de 0-21 días.

Estos resultados coinciden con lo encontrado por Warren y Emmert (2000), quienes no reportaron diferencias significativas para conversión alimenticia al comparar programas de alimentación de una fase (0-21 días)- formulado bajo los perfiles de proteína ideal del NRC 1994 o de BAKER- y de tres fases (0-7d, 7-14d y de 14-21d)- formulado bajo un perfil determinado por ecuaciones de regresión modificadas- en pollos de la línea Cobb. En cambio, Shakouri y Malekzadeh (2016) si encontraron diferencias estadísticas significativas a favor del programa de alimentación de dos fases-1 a 21 y 22 a 42d- (formulado bajo la recomendación del NRC 1994) frente al programa de alimentación de 3 fases-1 a 10, 11 a 24 y 25 a 42d- (formulado bajo la recomendación de la guía de Ross) con dietas iso-energéticas. Los autores indican que esta diferencia se debió a que las aves alimentadas bajo el programa de alimentación de 3 fases tuvieron que consumir mayor cantidad de alimento (debido a un inadecuado suministro de aminoácidos) para cumplir con sus requerimientos; afectando la conversión alimenticia en esta etapa.

La conversión alimenticia lograda en la etapa de 22-42 días por efecto del perfil de proteína ideal se muestra en el Cuadro 13. Se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p<0.05$ ) al realizar el análisis de variancia. La prueba de Tukey mostró diferencias a favor del patrón de proteína ideal del NRC 1994.

El perfil del NRC 1994 presentó una proporción Met+Cist:Lis del 72:100, pareciendo ser una relación adecuada para obtener una óptima conversión alimenticia en la etapa de crecimiento. Este resultado coincide con lo reportado Oliveira Neto *et al.* (2007) quienes también obtuvieron una mejor conversión alimenticia con un ratio de Met+Cist:Lis del 72% para la fase final en pollos Cobb.

Warren y Emmert (2000) también encontraron diferencias estadísticas significativas a favor del perfil de proteína ideal del NRC 1994 al compararlo con el perfil de BAKER en pollos machos Cobb. Sin embargo; Morales (1999) no reportó diferencias estadísticas para conversión alimenticia al evaluar los perfiles del modelo propuesto por BAKER y del NRC 1994, en pollos Ross, utilizando dietas en base a maíz y pasta de soya; en la etapa de 21-42 días.

Estos resultados no concuerdan con Taherkhani *et al.* (2008), quienes no registraron diferencias estadísticas para conversión alimenticia al comparar los perfiles del NRC 1994, BAKER y del FEEDSTUFF (con relaciones de Met+Cist:Lis de 72%, 75% y 81%; respectivamente), en pollos machos Ross.

El tratamiento formulado bajo el perfil de KOREA presentó la peor conversión alimenticia debido a que tuvo el segundo consumo de alimento más alto, pero registró la segunda ganancia de peso más baja entre los diferentes perfiles evaluados (Cuadro 13).

La conversión alimenticia obtenida por efecto del programa de alimentación en la etapa de 22-42 días se observa en el Cuadro 13. Al análisis de variancia, no se encontraron diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) entre los programas de alimentación evaluados.

Los resultados del presente estudio concuerdan con Shakouri y Malekzadeh (2016), quienes no reportaron diferencias significativas para conversión alimenticia al comparar programas de alimentación de 2 fases y 3 fases, hasta los 42 días de edad, en pollos Ross. En cambio, lo obtenido no coincide con lo registrado por Warren y Emmert (2000), quienes encontraron diferencias estadísticas significativas a favor del programa de alimentación de una fase (40-61 días), formulado bajo el perfil de proteína ideal del NRC 1994, frente al programa de alimentación de 3 fases (40-47d, 47-54d y de 54-61d), formulado mediante ecuaciones de regresión modificadas obtenidas por Emmert y Baker

(1997). Sin embargo, dichos autores reportaron que el programa de alimentación de 3 fases obtuvo una mejor eficiencia de utilización del alimento, frente al programa de 1 fase, cuando este fue formulado bajo el perfil de proteína ideal de BAKER.

La conversión alimenticia registrada en el acumulado por campaña (0-42 días), se observa en el Cuadro 14. El análisis de variancia muestra que hubo diferencias estadísticas altamente significativas ( $p < 0.01$ ) por efecto del perfil de proteína ideal. La prueba de Tukey arrojó que el mejor desempeño lo obtuvo el perfil de proteína ideal del NRC 1994. Estos resultados siguieron la misma tendencia que en la etapa de crecimiento, donde la mejor conversión alimenticia fue lograda por el perfil del NRC 1994; y puede estar determinado por la proporción Met+Cist:Lis que presenta, la cual disminuye conforme avanza la edad del ave, en comparación con los demás perfiles en los cuales aumenta o se mantiene.

Los resultados obtenidos coinciden con lo obtenido por Moscoso (2006), que al comparar los modelos del NRC 1994, RIBOTY 2003 y FACTORIAL (modelo propuesto) encontró que la mejor conversión alimenticia, en términos generales, se logró con el perfil del NRC 1994 (con una relación aminoácidos azufrados/lisina decreciente en comparación a los otros perfiles).

Sin embargo, estos resultados no concuerdan con Pedroso *et al.* (2003) y Riboty (2003) quienes no encontraron diferencias significativas para conversión alimenticia al comparar perfiles de proteína ideal con proporciones diferentes de Met+Cist:Lis durante toda la etapa de crianza. Morales (1999) tampoco reportó diferencias estadísticas significativas al evaluar las relaciones de proteína ideal propuestas por el NRC 1994 y BAKER, con dietas formuladas en base a maíz-soya, en pollos machos Ross.

Este trabajo muestra la importancia de un correcto balance de aminoácidos para poder obtener óptimos rendimientos; donde la proporción de aminoácidos azufrados/lisina parece ser el factor determinante en los resultados del presente estudio. El perfil de proteína ideal del NRC 1994 parece presentar una adecuada relación Met+Cist:Lis a lo largo de la campaña.

Con respecto al programa de alimentación los resultados se muestran en el Cuadro 14. No se observan diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los programas de alimentación evaluados al realizarse el análisis de variancia en el acumulado de 0-42 días.

Lo obtenido concuerda con lo registrado por Rodrigueiro *et al.* (2000), Dozier *et al.* (2006), Attia *et al.* (2016) y Shakouri y Malekzadeh (2016), quienes no encontraron diferencias estadísticas para conversión alimenticia al final del periodo experimental, al comparar diferentes programas de alimentación en pollos.

En cambio, Gómez *et al.* (2011) encontraron una mejor conversión alimenticia al emplear un programa de 4 fases, frente a los programas de alimentación de 2 y 3 fases; utilizando dietas en base a sorgo y pasta de soya, en pollos Ross 308 en la etapa de 1 a 49 días. El autor menciona que un programa de alimentación de 4 fases se ajusta más a las necesidades nutrimentales de la edad del pollo, y su rendimiento productivo es mejor al final de la campaña, no coincidiendo con lo obtenido en este estudio; donde el número de fases no afectó la conversión alimenticia.

El presente estudio no mostró diferencia para ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia por efecto de los programas de alimentación evaluados, mostrando una alta adaptabilidad por parte de los pollos Cobb a programas de alimentación con distintos números de fases.

#### **4.5 RENDIMIENTO DE CARCASA**

Los resultados de los rendimientos de carcasa logrados al día 42 se observan en el Cuadro 14. El análisis de variancia muestra que no hubo diferencia estadística significativa ( $p>0.05$ ) por efecto del perfil de proteína ideal.

Con respecto al perfil de proteína ideal, los resultados obtenidos en este estudio coinciden con lo encontrado por Warren y Emmert (2000), quienes no registraron diferencias significativas para rendimiento de carcasa al comparar los perfiles de proteína ideal del NRC 1994 y BAKER, en pollos machos Cobb con dietas formuladas en base a maíz-soya. Los autores encontraron que el tratamiento formulado bajo el perfil del NRC 1994 tuvieron, en términos numéricos, un mejor rendimiento de carcasa

frente al perfil de BAKER; concordando con lo obtenido en el presente estudio. Morales (1999) tampoco encontró diferencias estadísticas significativas para rendimiento de carcasa al comparar los perfiles del NRC 1994 y de BAKER en pollos de carne Ross hasta los 42 días de edad. Sin embargo, también reportó una diferencia numérica a favor del patrón del NRC 1994 para rendimiento de carcasa frente al perfil de BAKER.

Los perfiles evaluados en el presente estudio presentaron diferentes relaciones Met+Cist:Lis a lo largo del estudio, pareciendo no mostrar efecto sobre el rendimiento de carcasa obtenida al final de la campaña.

Este resultado coincide con Portales (2000), Pedroso *et al.* (2003) y Riboty (2003), quienes al evaluar diversos perfiles de proteína ideal con proporciones de Met+Cist:Lis diferentes entre los patrones comparados; respectivamente, no encontraron diferencias estadísticas significativas para rendimiento de carcasa. Vieira *et al.* (2004) no encontraron diferencias estadísticas significativas al evaluar diferentes relaciones de aminoácidos azufrados/lisina durante el periodo de 18-35 días.

Con respecto al efecto logrado por el programa de alimentación los resultados se muestran en el Cuadro 14. El análisis de variancia muestra que no hubo diferencia estadística significativa ( $p>0.05$ ) para rendimiento de carcasa.

Lo obtenido en este estudio coincide con lo hallado por Rodrigueiro *et al.* (2000), Warren y Emmert (2000), Dozier *et al.* (2006), Gómez *et al.* (2011), Attia *et al.* (2016) y Shakouri y Malekzadeh (2016) quienes no obtuvieron diferencias estadísticas significativas para rendimiento de carcasa al evaluar programas de alimentación de diferentes fases. El número de fases en un programa de alimentación parece no influir en el rendimiento de carcasa, cuando se formula bajo un perfil de proteína ideal.

#### **4.6 RENDIMIENTO DE PECHUGA**

Los valores de rendimiento de pechuga obtenidos en el presente estudio se presentan en el Cuadro 14. No se observaron diferencias estadísticas ( $p>0.05$ ) por efecto del perfil de proteína ideal al realizar el análisis de variancia.

Los perfiles de proteína ideal comparados en este estudio tuvieron diferentes proporciones de Met+Cist:Lis. El perfil del NRC 1994 muestra una relación decreciente a medida que avanza la edad, mientras que en los perfiles COBB y BAKER aumenta, y en los modelos de CVB y KOREA se mantiene. Estos diferentes ratios de aminoácidos azufrados respecto a la lisina parecen no haber influido en el rendimiento de pechuga.

Con respecto al efecto del perfil de proteína ideal, los resultados obtenidos en este estudio coinciden con lo encontrado por Morales (1999) y Warren y Emmert (2000), quienes no registraron diferencias estadísticas significativas para rendimiento de pechuga al comparar las recomendaciones del NRC 1994 y de BAKER, en pollos machos Ross y Cobb; respectivamente. Portales (2000), Pedroso *et al.* (2003) y Riboty (2003) tampoco encontraron diferencias significativas para rendimiento de pechuga al evaluar perfiles de proteína ideal con diferentes proporciones de Met+Cist:Lis a lo largo del estudio.

Sin embargo, Vieira *et al.* (2004) encontraron una mejor respuesta estadísticamente significativa para rendimiento de pechuga, a medida que se aumentaba la relación Met+Cist:Lis; en pollos machos Ross. De igual manera Taherkhani *et al.* (2008) reportaron un mejor rendimiento de pechuga en pollos machos y hembras alimentados bajo el perfil de proteína ideal del FEEDSTUFF, en comparación con los patrones de BAKER y NRC 1994. Los autores indican que esto se puede deber a que la relación Met+Cist:Lis en el perfil del FEEDSTUFF (80:100) es mayor que en los demás perfiles.

Está bien documentado que los requerimientos de aminoácidos esenciales para la óptima producción de pechuga son mayores que para la ganancia de peso (Sibbald y Wolynetz, 1986; Hickling *et al.*, 1990; Taherkhani *et al.*, 2008; Leclercq, citado por Ajinomoto 2012).

Con respecto al efecto obtenido por el programa de alimentación, los resultados se muestran en el Cuadro 14. Al realizar el análisis de variancia no se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p>0.05$ ) para rendimiento de pechuga.

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Warren y Emmert (2000), Dozier *et al.* (2006), Gómez *et al.* (2011) y Shakouri y Malekzadeh (2016), quienes no encontraron diferencias estadísticas para rendimiento de pechuga al comparar programas

de alimentación de diferentes números de fases. El número de fases de un programa de alimentación parece no tener efecto sobre el rendimiento de pechuga, cuando se satisface los requerimientos de aminoácidos bajo un perfil de proteína ideal.

#### **4.7 RETRIBUCIÓN ECONÓMICA**

En el Cuadro 15 se puede observar los resultados de la retribución económica. Los resultados muestran que el tratamiento formulado con el perfil de proteína ideal del NRC 1994 bajo un programa de alimentación de dos fases (T1) fue el más eficiente con un 16% a favor, considerando el beneficio por pollo vivo. La retribución económica a favor del programa de alimentación de dos fases bajo el perfil del NRC 1994 comparado con el programa de tres fases formulado bajo el perfil de COBB, se puede deber a que el peso de los pollos alimentados bajo dos fases fue superior y el consumo de alimento fue similar al del programa de tres fases a lo largo de la campaña, obteniéndose una mayor utilidad (S/.) por pollo vivo. Shakouri y Malekzadeh (2016) también recomiendan formular dietas para pollos Ross 308 bajo un programa de alimentación de dos fases considerando la eficiencia económica. Pesti y Miller (1988) sugirieron que la formulación de dietas al mínimo costo debería reemplazarse por una formulación de dietas que tenga como objetivo la máxima rentabilidad económica de la producción; considerando como criterios de decisión para la adopción de una dieta, factores como la ganancia de peso diaria y/o la conversión alimenticia.



**Cuadro 15: Efecto del perfil de proteína ideal y el programa de alimentación sobre la retribución económica\*.**

VARIABLES	TRATAMIENTOS									
	NRC 1994		COBB		BAKER		CVB		KOREA	
	2 fases	3 fases	2 fases	3 fases	2 fases	3 fases	2 fases	3 fases	2 fases	3 fases
Peso vivo promedio por pollo, (kg)	2.903	2.917	2.798	2.738	2.769	2.802	2.690	2.747	2.778	2.694
Precio por kg de peso vivo, (S/.)	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56	4.56
Ingreso bruto por pollo, (S/.)	13.24	13.30	12.76	12.49	12.63	12.78	12.27	12.53	12.67	12.28
<b>A. ETAPA DE PRE-INICIO</b>										
Consumo de alimento, (kg/pollo)	-	0.241	-	0.256	-	0.250	-	0.240	-	0.245
Precio de alimento, (S/./kg)	-	1.59	-	1.59	-	1.63	-	1.63	-	1.61
Costo de alimentación, (S/./pollo)	-	0.38	-	0.41	-	0.41	-	0.39	-	0.39
<b>B. ETAPA DE INICIO</b>										
Consumo de alimento, (kg/pollo)	1.046	0.822	1.049	0.825	1.088	0.773	1.031	0.813	1.020	0.782
Precio de alimento, (S/./kg)	1.54	1.58	1.55	1.54	1.58	1.53	1.59	1.55	1.56	1.53
Costo de alimentación (S/./pollo)	1.61	1.30	1.63	1.27	1.72	1.18	1.64	1.26	1.59	1.20
<b>C. ETAPA DE CRECIMIENTO ACABADO</b>										
Consumo de alimento, (kg/pollo)	3.705	3.653	3.520	3.668	3.457	3.677	3.364	3.543	3.775	3.510
Precio de alimento, (S/./kg)	1.58	1.65	1.55	1.59	1.55	1.53	1.56	1.54	1.54	1.53
Costo de alimentación (S/./pollo)	5.85	6.03	5.46	5.83	5.36	5.63	5.25	5.46	5.81	5.37
<b>D. COSTO TOTAL DE ALIMENTACIÓN</b>										
Costo total de la alimentación, (S/.)	7.47	7.71	7.08	7.51	7.08	7.22	6.89	7.11	7.41	6.96
<b>E. RETRIBUCIÓN ECONÓMICA</b>										
Beneficio por pollo, (S/.)	5.77	5.59	5.68	4.98	5.55	5.56	5.38	5.42	5.26	5.32
Por kg de peso vivo, (S/.)	1.99	1.92	2.03	1.82	2.00	1.98	2.00	1.97	1.89	1.98
Porcentaje, (%)	<b>116</b>	<b>112</b>	<b>114</b>	<b>100</b>	<b>111</b>	<b>112</b>	<b>108</b>	<b>109</b>	<b>106</b>	<b>107</b>

\*Los precios de los insumos usados en las dietas corresponden al mes de Setiembre del 2018.

## **V. CONCLUSIONES**

Bajo las condiciones en que se realizó el presente estudio se llegó a las siguientes conclusiones:

1. No hubo efecto estadístico significativo por parte de la interacción de los factores ni por el efecto del programa de alimentación para ninguno de los parámetros evaluados a lo largo del estudio.
2. En la etapa de inicio (0-21 días) no se registró diferencias estadísticas por efecto del perfil de proteína ideal para ningún criterio evaluado. El perfil de proteína ideal tampoco tuvo efecto sobre el consumo de alimento en las etapas de 22-42 y de 0-42 días, ni para rendimiento de carcasa y rendimiento de pechuga.
3. En la etapa de crecimiento-acabado (22-42 días) y en el acumulado por campaña (0-42 días), los pollos alimentados bajo el perfil de proteína ideal NRC 1994, con el nivel de lisina ajustado en 110% en la etapa de inicio, tuvieron pesos, ganancias de pesos y conversión alimenticia significativamente mejores respecto a las aves alimentadas bajo los demás perfiles.
4. La retribución económica, considerando el beneficio por pollo vivo, mostró que la dieta formulada bajo el perfil de proteína ideal del NRC 1994, con el nivel de lisina ajustado en 110% en la etapa de inicio, bajo un programa de alimentación de dos fases fue la más eficiente.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda considerar el uso del perfil de proteína ideal del NRC 1994, con el nivel de lisina ajustado en 110% en la etapa de inicio, para la formulación de dietas en razón a que este perfil aparentemente presenta un mejor balance de aminoácidos cuando se considera peso vivo, ganancia de peso y conversión alimenticia hasta los 42 días de crianza.
2. Validar la relación ideal de aminoácidos del NRC 1994, con el nivel de lisina ajustado en 110% en la etapa de inicio, comparándola con diferentes perfiles de proteína ideal actualizados, bajo diferentes condiciones de crianza (altitud, temperatura, sistema de explotación) evaluando el desempeño de las aves y la relación costo/beneficio.
3. Replicar el presente estudio bajo condiciones de crianza comercial ampliando los criterios de evaluación (p. ej., composición química de la carne, composición de la carcasa, grasa abdominal, balance de nitrógeno) teniendo en consideración la rentabilidad económica de la explotación.
4. Realizar estudios evaluando programas de alimentación de dos, tres y cuatro fases, con dietas comerciales formuladas bajo un perfil de proteína ideal, y observar su efecto en el comportamiento productivo de pollos de engorde.

## **VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ABDEL-MAKSoud, A; YAN, F; CERRATE, S; COTO, C; WANG, Z; WALDROUP, PW. 2010. Effect of Dietary Crude Protein, Lysine Level and Amino Acid Balance on Performance of Broilers 0 to 18 Days of Age. International Journal of Poultry Science 9(1): 21-27.

AJINOMOTO ANIMAL NUTRITION. 2012. Aminoácidos en la nutrición de pollos de engorde. Ajinomoto Biolatina Ind e Com Ltda..

APPLEGATE, TJ; ANGEL, R. 2008. Protein and Amino Acid Requeriments for Poultry (en línea). Washington DC., Estados Unidos. 11p. Consultado 22 de may. 2017. Disponible en <https://puyallup.wsu.edu/lrm/wp-content/uploads/sites/346/2014/11/Protein-and-amino-acid-for-poultry-final.pdf>.

ARNOLD, RL. 1980. Un programa de alimentación por fases para ponedoras con base en la ingesta de aminoácidos. Selecciones avícolas 22(3): 87-90.

ATTIA, YA; AGGREY, SE; EL-TAHAWY, WS; HABASHY, WS. 2010. Compensatory growth of two broiler strains following thermal conditioning and crude protein regimen up to day 21 of life. Journal of Agriculture and Environmental Science 9(3): 70-90.

ATTIA, YA; AL-TAHAWY, WS; DE OLIVEIRA, MC; AL-HARTHI, MA; EL-DIN, AAET; HASSAN, MI. 2016. Response of two broiler strains to four feeding regimens under hot climate. Animal Production Science 56(9): 1475-1483.

BAKER, DH. 1991. Partitioning of Nutrients for Growth and Other Metabolic Functions: Efficiency and Priority Considerations. Poultry Science 70(8): 1797-1805.

BAKER, DH. 2009. Advances in protein-amino acid nutrition of poultry. *Amino acids* 37(1): 29-41.

BAKER, DH; HAN, Y. 1994. Ideal Amino Acid Profile for Chicks During the First Three Weeks Posthatching. *Poultry Science* 73(9): 1441-1447.

BAKER, DH; PARR, AB; AUGSPURGER, TM; PARSONS, CM. 2002. Ideal ratio (Relative to Lysine) of Tryptophan, Threonine, Isoleucine, and Valine for Chicks During the Second and Third Weeks Posthatch. *Poultry Science* 81(4): 485-494.

BEDFORD, MR; SUMMERS, JD. 1985. Influence of the ratio of essential to non essential amino acids on performance and carcass composition of the broiler chick. *British Poultry Science* 26(4): 483-491.

BREWER, VB; EMMERT, JL; MEULLENET, JFC; OWENS, CM. 2012. Small bird programs: Effect of phase-feeding, strain, sex, and debone time on meat quality of broilers. *Poultry Science* 91(2): 499-504.

CALLE, MA. 2002. Efecto de cinco niveles de lisina y dos tipos de dieta en el comportamiento productivo y balance de nitrógeno en pollos de carne en la fase de inicio. Tesis Mg. Sc.. Zootecnista. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 95p.

CIFTCI, I; CEYLAN, N. 2002. Effects of dietary threonine and crude protein on growth performance, carcass and meat composition of broiler chickens. *British Poultry Science* 45(2): 280-289.

COBB 500™. 2015. Cobb500 Broiler Performance & Nutrition Supplement (en línea). Consultado 10 de nov. 2016. Disponible en [http://www.cobb-vantress.com/docs/default-source/cobb-500-guides/Cobb500\\_Broiler\\_Performance\\_And\\_Nutrition\\_Supplement.pdf](http://www.cobb-vantress.com/docs/default-source/cobb-500-guides/Cobb500_Broiler_Performance_And_Nutrition_Supplement.pdf)

COSTA, GP; GOULART, CC. 2010. Exigências de aminoácidos para frangos de corte e poedeiras. Workshop de Nutrição de Aves (2), 2010, Paraíba, Brasil. Universidade Federal da Paraíba.

DEAN, WF; SCOTT, H. 1995. The Development of an Amino Acid Reference Diet for the Early Growth of Chicks. *Poultry Science* 44(3): 803-808.

DESCHEPPER, K; DE GROOTE, G. 1995. Effect of dietary protein, essential and non-essential amino acids on the performance and carcass composition of male broiler chickens. *British Poultry Science* 36(2): 229-245.

D'MELLO, JPF; LEWIS, D. 1970. Amino acid interactions in chick nutrition: 2. Interrelationships between leucine, isoleucine and valine. *British Poultry Science* 11(3): 313-323.

DORIGAM, JCP; SAKOMURA, NK; DE LIMA, MB; SARCINELLI, MF; SUZUKI, RM. 2015. Establishing an essential amino acids profile for maintenance in poultry using deletion method. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 100(5): 884-892.

DOZIER, WA; GORDON, RW; ANDERSON, J; KIDD, MT; CORZO, A; BRANTON, SL. 2006. Growth, Meat Yield, and Economic Responses of Broilers Provided Three-and Four-Phase Schedules Formulated to Moderate and High Nutrient Density During a Fifty-Six-Day Production Period. *Journal of Applied Poultry Research* 15(2): 312-325.

EMMERT, JL; BAKER, DH. 1997. Use of the Ideal Protein Concept for Precision on Formulation of Amino Acid Levels in Broiler Diets. *The Journal of Applied Poultry Research* 6(4): 462-470.

FERGUSON, NS; GATES, RS; TARABA, JL; CANTOR AH; PESCATORE, AJ; FORD, MJ; BURNHAM, PJ. 1998. The Effect of Dietary Crude Protein on Growth Ammonia Concentration and Litter Composition in Broilers. *Poultry Science* 77(10): 1481-1487.

FICKLER, J; LEMME, A. 2010. Niveles óptimos de aminoácidos en piensos para pollos broilers. Curso de especialización FEDNA (26), 2010, Madrid, España. Hanau, Alemania. 11p.

FIRMAN, JD; BOLING, SD. 1998. Lysine: Ideal Protein in Turkeys. *Poultry Science* 77(1): 105-110.

GIRANO, AE. 2004. Efecto de tres niveles de proteína, dos patrones de proteína ideal y dos tipos de dieta de inicio en el comportamiento productivo final de pollos de carne. Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 97p.

GÓMEZ, RS; CORTÉS, A; LOPEZ, C; ÁVILA, E. 2011. Evaluación de tres programas de alimentación para pollos de engorda con base en dietas sorgo-soya con distintos porcentajes de proteína. Veterinaria México 42(4): 299-309.

GOULART, CDC; COSTA, FGP; SILVA, JHV; SOUZA, JG; RODRIGUES, VP; OLIVEIRA, CFS. 2011. Requirements of digestible methionine+ cystine for broiler chickens at 1 to 42 days of age. Revista Brasileira de Zootecnia 40(4): 797-803.

GREENE, DE; SCOTT, HM; JOHNSON, BC. 1960. A need for glycine in crystalline amino acid diets. Poultry Science 39(2): 512-514.

HAN, Y; SUZUKI, H; PARSONS, CM; BAKER, DH. 1992. Amino Acid Fortification of a Low- Protein Corn and Soybean Meal Diet for Chicks. Poultry Science 71(7): 1168-1178.

HARPER, AE; ROGERS, QR. 1965. Amino acid imbalance. Proceedings of the Nutrition Society 24(2): 173-190.

HAUSCHILD, L; BUENO, CFD; REMUS, A; GOBI, JP; ISOLA, RDG; SAKOMURA, NK. 2015. Multiphase feeding program for broilers can replace traditional system. Scientia Agricola 72(3): 210-214.

HELLWING, M; RANSON, J. 2006. Alimentación del broiler de alto rendimiento para un resultado óptimo (en línea). Boletín Técnico Hubbard. Consultado 6 jun. 2017. Disponible en [http://www.hubbardbreeders.com/media/alimentacion\\_del\\_broiler\\_de\\_alto\\_rendimientopara\\_un\\_resultado\\_optimo\\_2006\\_046925200\\_1455\\_06012015.pdf](http://www.hubbardbreeders.com/media/alimentacion_del_broiler_de_alto_rendimientopara_un_resultado_optimo_2006_046925200_1455_06012015.pdf).

HICKLING, D; GUENTER, W; JACKSON, ME. 1990. The effects of dietary methionine and lysine on broiler chicken performance and breast meat yield. Canadian Journal of Animal Science 70(2): 673–678.

ISHIBASHI, T; OHTA, Y. 1999. Recent Advances in Amino Acid Nutrition for Efficient Poultry Production: Review. Asian Australasian Journal of Animal Sciences 12(8): 1298-1309.

KERR, BJ; KIDD, MT. 1999. Amino Acid Supplementation of Low-Protein Broiler Diets: 2. Formulation on an Ideal Amino Acid Basis. The Journal of Applied Poultry Research 8(1): 310-320.

KOCH, F; WIJTEN, PJA; LEMME, A; LANGHOUT, DJ. 2002. Impact of a Balanced Amino Acid Profile on Broiler Performance. Veterinarija ir Zootechnika 19(41): 70-75.

LECLERCQ, B. 1998. El concepto de proteína ideal y el uso de aminoácidos sintéticos: estudio comparativo entre pollos y cerdos. Curso de especialización: Avances en Nutrición y Alimentación Animal (14) INRA, Nouzilly, Francia. 13p.

LEMME, A. 2003. The “Ideal Protein Concept” in broiler nutrition: Methodological aspects- Opportunities and limitations. Degussa AG Amino News™ 4(1): 1-11.

LEMME, A; WIJTEN, PJA; VAN WICHEN, J; PETRI, A; LANGHOUT, DJ. 2006. Responses of male growing broilers to increasing levels of balanced protein offered as coarse mash or pellets of varying quality. Poultry Science 85(4): 721-730.

LENIS, PN; HANS, TM; BIKKER, PD; JONGBLOED, AW; MAULEN, JDV. 1999. Effect of the ratio between essential and non essential aminoacids in the diet on utilization of nitrogen and amino acids by growin pigs. Journal of Animal Science 77(7): 1777-1787.

LÓPEZ, SD. 2012. Síndrome Ascítico en la Crianza de Pollos Broilers (en línea). Tesis Ing. Zootecnista. Riobamba, Ecuador, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Consultado 6 jun. 2017. Disponible en <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2095/1/17T01119.pdf>.



MACK, S; BERCOVICI, D; DE GROOTE, G; LECERLCQ, B; LIPPENS, M; PACK, M; SCHUTTE, JB. VAN CAUWENBERGHE, S. 1999. Ideal amino acid profile and dietary lysine specification for broiler chickens of 20 to 40 days of age. *British Poultry Science* 40(2): 257-265.

MEHMOOD, S; SAHOTA, AW; AKRAM, M; JAVED, K; HUSSAIN, J; SHAHEEN, MS; ABBAS, Y; JATOI, AS; IQBAL, A. 2014. Growth performance and economic appraisal of phase feeding at different stocking densities in sexed broilers. *Journal of Animal and Plant Sciences* 24(3): 714-721.

MORALES, JE. 1999. Evaluación de aminoácidos digestibles en ingredientes y el comportamiento productivo de pollos de engorda y gallinas de postura con dietas en base a aminoácidos totales, y aminoácidos digestibles mediante el concepto de proteína ideal (en línea). Tesis Doctorado en Ciencias Pecuarias. Colima, México, Universidad de Colima. Consultado 25 dic. 2017. Disponible en [http://digeset.ucol.mx/tesis\\_posgrado/Pdf/Jesus%20Eduardo%20Morales%20Barrera.pdf](http://digeset.ucol.mx/tesis_posgrado/Pdf/Jesus%20Eduardo%20Morales%20Barrera.pdf).

MOSCOSO, JE. 2006. Evaluación de un modelo factorial para determinar el patrón de proteína ideal en comparación con dos patrones en pollos de carne. Tesis Mg. Sc.. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 93p.

NAM, DS; LEE, J; KONG, C. 2015. Strategy to Improve the Productivity of Broilers: Focusing on Pre-Starter Diet. *Korean Journal of Poultry Science* 42(3): 247-256.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1984. Nutrient Requeriments of Poultry. 8th Rev.Ed. National Academy Press, Washington DC.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC). 1994. Nutrient Requeriments of Poultry. 9th Rev.Ed. National Academy Press, Washington DC.

OCHOA, H; RAMIREZ, F. 1995. Cambio del programa de alimentación en el pollo de engorde y su efecto económico en el tiempo y peso de mercado. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín* 48(1): 7-39.

OLIVEIRA NETO, AR; MIRANDA DE OLIVEIRA, RF; LOPES DONZELE, J; TOLEDO BARRETO, SL; GOMES MARCAL, R; GASPARINO, E. 2007. Níveis de metionina + cistina total para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade mantidos em ambiente termoneutro. *Revista Brasileira de Zootecnia* 36(5): 1359-1364.

PEDROSO, AC; FRANCO, SG; FLEMMING, JS; BORGES, SA; SILLUS, PP. 2003. Performance and carcass yield of broilers fed with different digestible amino acid profiles recommended by nutrients requirements tables. *Revista Brasileira de Ciencia Avícola* 5(1): 29-35.

PESTI, GM; MILLER, BR. 1988. Least-cost poultry feed formulation: principles, practices, and a new microcomputer program. The Georgia Agricultural Experiment Stations. Technical reviews and summaries. Research bulletin-University of Georgia.

POPE, T; EMMERT, JL. 2001. Phase-Feeding Supports Maximun Growth Performance of Broiler Chicks from Forty-three to Seventy-one Days of Age. *Poultry Science* 80(3): 345-352.

PORTALES, CH. 2000. Validación experimental de un modelo para determinar los requerimientos de aminoácidos esenciales en pollos de carne. Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 92p.

POVES, C. 1999. Comportamiento productivo de pollos de carne alimentados con dietas en base a harina de pescado y de soya, formuladas de acuerdo a los estándares del NRC 1984 y NRC 1994. Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 130p.

REVIDATTI, F; SINDIK, M; TERRAES, JC; ASIAÍN, M; SANDOVAL, GL. 2006. Principales variables productivas en pollos parrilleros con programas de restricción de crecimiento (en línea). Departamento de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste (UNNE). Argentina. Consultado 12 jun. 2017. Disponible en <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt2006/04-Veterinarias/2006-V-018.pdf>.

RIBOTY, R. 2003. Validación de un modelo propuesto de proteína neta para determinar el patrón de proteína ideal versus tres patrones convencionales para pollos de carne. Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 86p.

RODRIGUEIRO, RJB; MURAKAMI, AE; POZZA, PC; SCAPINELLO, C; MOREIRA, I; NEME, R. 2000. Efeito de dois programas de alimentação sobre o desempenho e o rendimento de carcaça de duas marcas comerciais de frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia 29(2): 502-506.

ROJAS, SW. 1979. Nutrición Animal Aplicada: aves, porcinos y vacunos. Lima, Perú. 228p.

ROSTAGNO, HS; DIONIZIO, ML; PAEZ, LE; BUTERI, CB; ALBINO, LF. 2003. Impacto de la Nutrición de Pollos de Engorde Sobre el Medio Ambiente. Congreso Latinoamericano de Avicultura (18), 2003, Bolivia. Vicosa MG, Brasil, Universidade Federal de Viçosa. 8p.

ROSTAGNO, HS; TEIXEIRA, LF; LOPES, J; GOMES, PC; MIRANDA DE OLIVEIRA, RF; CLEMENTINO, D; SOARES, A; LUIZ DE TOLEDO, S; FREDERICO, R. 2005. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigencias nutricionais. 2 ed. Vicosa MG, Brasil, Universidade Federal de Viçosa. 186p.

ROSTAGNO, HS; TEIXEIRA, LF; LOPES, J; GOMES, PC; MIRANDA DE OLIVEIRA, RF; CLEMENTINO, D; SOARES, A; LUIZ DE TOLEDO, S; FREDERICO, R. 2011. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigencias nutricionais. 3 ed. Vicosa MG, Brasil, Universidade Federal de Viçosa. 252p.

SALGUERO, SC; MAIA, RC; ALBINO, LF; ROSTAGNO, HS. 2014. Evolución, actualidad y perspectiva del uso de aminoácidos industriales en fórmulas para aves (en línea). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, Brasil. 45p. Consultado 1 jun. 2017. Disponible en <http://www.gtavicola.com.ar/pdfs/nutricion/AJI%20AAs%2014%20ARG%20ROS%20Final.pdf>.

SÁNCHEZ, HH. 2003. Conversión y eficiencia alimenticia en pollo de engorda empleando un programa de alimentación modificado a dos fases con dietas isocalóricas e isoproteicas y sometidos a restricción alimenticia (en línea). Tesis Ing. agrónomo-zootecnista. Coahuila, México, Universidad Autónoma Agraria Antonio Nano. Consultado 6 jun. 2017. Disponible en <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6151/T13892%20SÁNCHEZ%20HERNÁNDEZ,%20HECTOR%20HUGO%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1>.

SAYERS, TO. 1997. Evaluación de estándares de aminoácidos del NRC (1984-1994) en dietas de pollos parrilleros. Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 108p.

SCHUTTE, JB; DE JONG, J. 1999. Feed manufacturing in The Mediterranean region: Recent advances in research and technology. Brufau, J (ed.); Tacon, A (ed.). Cahiers Options Méditerranéennes (CIHEAM) (37): 259-263.

SHAKOURI, MD; MALEKZADEH, M. 2016. Responses of broiler chickens to the nutrient recommendations of NRC (1994) and the Ross broiler management manual. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias 29(1): 91-98.

SIBBALD, IR; WOLYNETZ, MS. 1986. Effects of Dietary Lysine and Feed Intake on Energy Utilization and Tissue Synthesis by Broiler Chicks. Poultry Science 65(1): 98-105.

SOPLIN, VH. 2002. Comportamiento productivo final de pollos de carne alimentados con dietas completas formuladas en base a proteína ideal o de libre elección en la etapa de inicio. Tesis Ing. Zootecnista. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 82p.

SUÁREZ, L; FUENTES, JM; TORRES, M; LÓPEZ, S. 2004. Efecto de la Restricción Alimenticia sobre el Comportamiento Productivo de Pollos de Engorda. Revista Agraria-Nueva Época-Año 1(3): 24-30.

SURISDIARTO; FARRELL, DJ. 1991. The Relation Between Dietary Crude Protein and Dietary Lysine Requirement by Chicks on Diets with and Without the “Ideal” Amino Acid Balance. *Poultry Science* 70(4): 830-836.

TAHERKHANI, R; SHIVAZAD, M; ZAGHARI, M; SHAHNEH, AZ. 2005. Male and female broilers response to different ideal amino acid ratios during the second and third weeks posthatch. *The International Journal of Poultry Science* 4(8): 563-567.

TAHERKHANI, R; SHIVAZAD, M; ZAGHARI, M; SHAHNEH, AZ. 2008. Comparison of different ideal amino acid ratios in male and female broiler chickens of 21 to 42 days of age. *The International Journal of Poultry Science* 45(1): 15-19.

TOTSUKA, K; TATSUMI, K; KOIDE, K; WATANABE, E; TOYOMIZU, M. 1992. Time Course of Changes of Plasma-free Amino Acid Concentration Following Dietary Changes in Laying Hens. *Japanese Poultry Science* 29(1): 14-22.

VAZQUEZ, M; PESTI, GM. 1997. Estimation of the lysine requirement of broiler chicks for maximum body gain and feed efficiency. *Journal of Applied Poultry Research* 6(3): 241-246.

VIEIRA, SL; LEMME, A; GOLDENBERG, DB; BRUGALLI, I. 2004. Responses of Growing Broilers to Diets with Increased Sulfur Amino Acids to Lysine Ratios at Two Dietary Protein Levels. *Poultry Science* 83(8): 1307-1313.

WALDROUP, PW; JIANG, Q; FRITTS, CA. 2005. Effects of Glycine and Threonine Supplementation on Performance of Broiler Chicks Fed Diets Low in Crude Protein. *International Journal of Poultry Science* 4(5): 250-257.

WALDROUP, PW; MITCHELL, RJ; PAYNE, JR; HAZEN, KR. 1976. Performance of Chicks Fed Diets Formulated to Minimize Excess Levels of Essential Amino Acids. *Poultry Science* 55(1): 243-253.

WANG, TC; FULLER, MF. 1989. The optimum dietary amino acid pattern for growing pigs: Experiments by amino acid deletion. *British Journal of Nutrition* 62(2): 77-89.

WANG, TC; FULLER, MF. 1990. The effect of the plane of nutrition on the optimum dietary amino acid pattern for growing pigs. *Animal Production* 50(1): 155-164.

WARREN, WA; EMMERT, JL. 2000. Efficacy of Phase-Feeding in Supporting Growth Performance of Broiler Chicks During the Starter and Finisher Phases. *Poultry Science* 79(5): 764-770.

WIJTEN, PJA; PRAK, R; LEMME, A; LONGHOUT, DJ. 2004. Effect of different dietary ideal protein concentrations on broiler performance. *British Poultry Science* 45(4): 504-511.

YAMAMOTO, A; ISHIBASHI, T. 1996. Quick Response of Plasma Amino Acid Concentration to Dietary Excess Amino Acids in Laying Hens. *Animal Science and Technology Japan* 67(12): 1050-1057.

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: Pesos vivos iniciales, (g).

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
I	43.8	43.4	43.2	43.4	43.4	43.4	43.2	43.8	44.2	44.2
II	44.0	43.8	44.4	44.2	43.4	44.2	44.0	44.0	43.8	44.2
III	44.4	44.0	43.2	43.6	44.8	43.4	44.0	44.0	44.0	44.2
IV	43.2	43.6	43.2	43.0	43.2	43.2	43.4	43.2	44.0	44.0
PROMEDIO	43.9	43.7	43.5	43.6	43.7	43.6	43.7	43.8	44.0	44.2

### ANEXO 2: Pesos vivos a los 10 días, (g).

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
I	275	274	274	281	277	271	282	286	271	284
II	284	288	270	288	276	278	288	269	291	263
III	293	275	266	286	286	271	272	276	276	275
IV	287	279	296	287	275	296	277	286	282	289
PROMEDIO	285	279	276	286	279	279	280	279	280	278

### ANEXO 3: Pesos vivos a los 21 días, (g).

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
I	793	797	780	820	840	806	833	851	765	794
II	789	847	815	795	848	825	806	754	821	768
III	833	781	804	811	796	782	803	866	783	787
IV	775	784	783	807	816	787	821	804	761	866
PROMEDIO	797	802	795	808	825	800	815	819	782	803

**ANEXO 4: Pesos vivos finales a los 42 días, (g).**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	2875	2863	2926	2823	2804	2703	2703	2813	2820	2604
<b>II</b>	2804	2998	2715	2655	2720	2755	2732	2660	2830	2745
<b>III</b>	3005	2893	2784	2703	2830	2885	2684	2790	2765	2653
<b>IV</b>	2930	2916	2767	2772	2723	2865	2640	2726	2695	2774
<b>PROMEDIO</b>	<b>2903</b>	<b>2917</b>	<b>2798</b>	<b>2738</b>	<b>2769</b>	<b>2802</b>	<b>2690</b>	<b>2747</b>	<b>2778</b>	<b>2694</b>

**ANEXO 5: Ganancia de peso en la etapa de 0-10 días, (g).**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	231	230	231	238	234	228	239	243	226	239
<b>II</b>	240	244	226	244	233	233	244	225	247	219
<b>III</b>	248	231	223	243	241	228	228	232	232	230
<b>IV</b>	243	236	252	244	232	253	233	243	238	245
<b>PROMEDIO</b>	<b>241</b>	<b>235</b>	<b>233</b>	<b>242</b>	<b>235</b>	<b>235</b>	<b>236</b>	<b>236</b>	<b>236</b>	<b>233</b>

**ANEXO 6: Ganancia de peso en la etapa de 11-21 días, (g).**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	518	523	506	539	562	535	551	564	494	510
<b>II</b>	505	560	545	507	572	548	518	485	529	505
<b>III</b>	540	506	537	524	509	511	531	591	507	512
<b>IV</b>	489	505	487	520	541	491	544	518	479	577
<b>PROMEDIO</b>	<b>513</b>	<b>523</b>	<b>519</b>	<b>523</b>	<b>546</b>	<b>521</b>	<b>536</b>	<b>539</b>	<b>502</b>	<b>526</b>

**ANEXO 7: Ganancia de peso en el crecimiento (22-42 días), (g).**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	2082	2067	2146	2002	1964	1896	1871	1962	2056	1810
<b>II</b>	2015	2151	1900	1860	1872	1930	1926	1906	2010	1977
<b>III</b>	2173	2112	1980	1892	2034	2103	1881	1924	1982	1866
<b>IV</b>	2155	2132	1984	1964	1907	2078	1819	1922	1934	1908
<b>PROMEDIO</b>	<b>2106</b>	<b>2115</b>	<b>2003</b>	<b>1930</b>	<b>1944</b>	<b>2002</b>	<b>1874</b>	<b>1929</b>	<b>1995</b>	<b>1890</b>



**ANEXO 8: Ganancia de peso en el inicio (0-21 días), (g).**

<b>BLOQUES</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
<b>I</b>	749	753	737	777	796	763	790	807	720	749
<b>II</b>	745	803	771	751	805	781	762	710	777	723
<b>III</b>	788	737	760	767	751	739	759	822	739	742
<b>IV</b>	732	740	740	764	773	744	778	760	717	822
<b>PROMEDIO</b>	<b>754</b>	<b>758</b>	<b>752</b>	<b>765</b>	<b>781</b>	<b>757</b>	<b>772</b>	<b>775</b>	<b>738</b>	<b>759</b>

**ANEXO 9: Ganancia de peso acumulada de 0-42 días, (g).**

<b>BLOQUES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>									
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
<b>I</b>	2831	2820	2883	2779	2761	2659	2660	2769	2776	2560
<b>II</b>	2760	2954	2671	2611	2677	2711	2688	2616	2786	2701
<b>III</b>	2961	2849	2741	2659	2785	2842	2640	2746	2721	2609
<b>IV</b>	2887	2872	2723	2729	2679	2822	2597	2683	2651	2730
<b>PROMEDIO</b>	<b>2859</b>	<b>2874</b>	<b>2754</b>	<b>2694</b>	<b>2725</b>	<b>2758</b>	<b>2646</b>	<b>2703</b>	<b>2734</b>	<b>2650</b>

**ANEXO 10: Consumo de alimento en la etapa de 0-10 días, (g).**

<b>BLOQUES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>									
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
<b>I</b>	244	236	242	241	243	244	247	248	238	250
<b>II</b>	243	249	238	254	244	247	253	229	255	228
<b>III</b>	264	237	241	262	253	242	235	236	242	243
<b>IV</b>	253	243	272	268	253	267	240	248	247	259
<b>PROMEDIO</b>	<b>251</b>	<b>241</b>	<b>248</b>	<b>256</b>	<b>248</b>	<b>250</b>	<b>244</b>	<b>240</b>	<b>245</b>	<b>245</b>

**ANEXO 11: Consumo de alimento en la etapa de 11-21 días, (g).**

<b>BLOQUES</b>	<b>TRATAMIENTOS</b>									
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>	<b>T8</b>	<b>T9</b>	<b>T10</b>
<b>I</b>	831	803	813	826	777	751	819	818	709	741
<b>II</b>	814	857	877	862	903	774	777	745	794	759
<b>III</b>	841	861	762	718	769	768	729	867	798	778
<b>IV</b>	788	765	793	893	956	798	832	824	854	851
<b>PROMEDIO</b>	<b>819</b>	<b>822</b>	<b>811</b>	<b>825</b>	<b>851</b>	<b>773</b>	<b>789</b>	<b>813</b>	<b>789</b>	<b>782</b>

**ANEXO 12: Consumo de alimento en el crecimiento (22-42 días), (g).**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	3713	3772	3477	3614	3570	3425	3343	3562	4104	3300
<b>II</b>	3453	3699	3431	3365	3415	3651	3441	3506	3613	3593
<b>III</b>	4063	3547	3442	3777	3508	3735	3506	3613	3782	3441
<b>IV</b>	3594	3593	3728	3915	3334	3897	3165	3493	3603	3704
<b>PROMEDIO</b>	<b>3705</b>	<b>3653</b>	<b>3520</b>	<b>3668</b>	<b>3457</b>	<b>3677</b>	<b>3364</b>	<b>3543</b>	<b>3775</b>	<b>3510</b>

**ANEXO 13: Consumo de alimento en el inicio (0-21 días), (g).**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	1046	1032	1040	1044	1009	977	1093	1041	963	884
<b>II</b>	1041	1093	1143	1098	1164	1027	1008	980	1020	994
<b>III</b>	1080	1096	992	1003	1000	999	977	1109	1025	1005
<b>IV</b>	1017	995	1022	1149	1178	1025	1047	1048	1073	1072
<b>PROMEDIO</b>	<b>1046</b>	<b>1054</b>	<b>1049</b>	<b>1074</b>	<b>1088</b>	<b>1007</b>	<b>1031</b>	<b>1045</b>	<b>1020</b>	<b>989</b>

**ANEXO 14: Consumo de alimento acumulado de 0-42 días, (g).**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	4737	4779	4522	4652	4579	4418	4862	4600	4970	4641
<b>II</b>	4498	4815	4594	4476	4411	4876	4448	4494	4632	4578
<b>III</b>	4707	4651	4434	4726	4509	4721	4483	4583	4798	4459
<b>IV</b>	4612	4591	4730	4813	4534	4894	4518	4556	4689	4796
<b>PROMEDIO</b>	<b>4639</b>	<b>4709</b>	<b>4570</b>	<b>4667</b>	<b>4508</b>	<b>4727</b>	<b>4578</b>	<b>4558</b>	<b>4772</b>	<b>4619</b>

**ANEXO 15: Conversión alimenticia en la etapa de 0-10 días.**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	1.05	1.03	1.05	1.01	1.04	1.07	1.04	1.02	1.05	1.04
<b>II</b>	1.01	1.02	1.06	1.04	1.05	1.06	1.04	1.02	1.03	1.04
<b>III</b>	1.06	1.03	1.08	1.08	1.05	1.06	1.03	1.02	1.04	1.05
<b>IV</b>	1.04	1.03	1.08	1.10	1.09	1.06	1.03	1.02	1.04	1.06
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.04</b>	<b>1.03</b>	<b>1.07</b>	<b>1.06</b>	<b>1.06</b>	<b>1.06</b>	<b>1.03</b>	<b>1.02</b>	<b>1.04</b>	<b>1.05</b>

**ANEXO 16: Conversión alimenticia en la etapa de 11-21 días.**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	1.61	1.54	1.61	1.53	1.38	1.40	1.49	1.45	1.44	1.45
<b>II</b>	1.61	1.53	1.61	1.70	1.58	1.41	1.50	1.54	1.50	1.50
<b>III</b>	1.56	1.70	1.42	1.37	1.51	1.50	1.37	1.47	1.57	1.52
<b>IV</b>	1.61	1.52	1.63	1.72	1.77	1.63	1.53	1.59	1.78	1.48
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.60</b>	<b>1.57</b>	<b>1.56</b>	<b>1.58</b>	<b>1.56</b>	<b>1.48</b>	<b>1.47</b>	<b>1.51</b>	<b>1.57</b>	<b>1.49</b>

**ANEXO 17: Conversión alimenticia en el crecimiento (22-42 días).**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	1.78	1.82	1.62	1.81	1.82	1.81	1.79	1.82	2.00	1.82
<b>II</b>	1.71	1.72	1.81	1.81	1.82	1.89	1.79	1.84	1.80	1.82
<b>III</b>	1.87	1.68	1.74	2.00	1.72	1.78	1.86	1.88	1.91	1.84
<b>IV</b>	1.67	1.69	1.88	1.99	1.75	1.87	1.74	1.82	1.86	1.94
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.76</b>	<b>1.73</b>	<b>1.76</b>	<b>1.90</b>	<b>1.78</b>	<b>1.84</b>	<b>1.79</b>	<b>1.84</b>	<b>1.89</b>	<b>1.86</b>

**ANEXO 18: Conversión alimenticia en el inicio (0-21 días).**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	1.40	1.37	1.41	1.34	1.27	1.28	1.38	1.29	1.34	1.18
<b>II</b>	1.40	1.36	1.48	1.46	1.45	1.31	1.32	1.38	1.31	1.37
<b>III</b>	1.37	1.49	1.30	1.31	1.33	1.35	1.29	1.35	1.39	1.35
<b>IV</b>	1.39	1.34	1.38	1.50	1.52	1.38	1.35	1.38	1.50	1.30
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.39</b>	<b>1.39</b>	<b>1.40</b>	<b>1.40</b>	<b>1.39</b>	<b>1.33</b>	<b>1.34</b>	<b>1.35</b>	<b>1.38</b>	<b>1.30</b>

**ANEXO 19: Conversión alimenticia acumulada de 0-42 días.**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	1.67	1.69	1.57	1.67	1.66	1.66	1.83	1.66	1.79	1.81
<b>II</b>	1.63	1.63	1.72	1.71	1.65	1.80	1.65	1.72	1.66	1.69
<b>III</b>	1.59	1.63	1.62	1.78	1.62	1.66	1.70	1.67	1.76	1.71
<b>IV</b>	1.60	1.60	1.74	1.76	1.69	1.73	1.74	1.70	1.77	1.76
<b>PROMEDIO</b>	<b>1.62</b>	<b>1.64</b>	<b>1.66</b>	<b>1.73</b>	<b>1.65</b>	<b>1.71</b>	<b>1.73</b>	<b>1.69</b>	<b>1.75</b>	<b>1.74</b>

**ANEXO 20: Rendimiento de carcasa, (%).**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	70.8	73.5	75.0	73.9	75.5	72.1	77.6	74.5	73.3	69.8
<b>II</b>	73.8	76.4	70.8	73.7	73.9	70.3	75.8	76.4	74.2	74.1
<b>III</b>	77.1	76.1	75.0	71.0	75.8	74.0	74.0	72.7	77.2	75.7
<b>IV</b>	74.5	75.0	74.7	70.6	76.4	73.8	71.7	76.5	75.2	75.7
<b>PROMEDIO</b>	<b>74.1</b>	<b>75.2</b>	<b>73.9</b>	<b>72.3</b>	<b>75.4</b>	<b>72.6</b>	<b>74.8</b>	<b>75.1</b>	<b>75.0</b>	<b>73.8</b>

**ANEXO 21: Rendimiento de pechuga, (%).**

BLOQUES	TRATAMIENTOS									
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
<b>I</b>	29.2	30.7	29.1	28.3	28.3	30.9	28.7	30.3	27.9	30.8
<b>II</b>	28.0	28.3	28.3	28.7	29.4	29.4	29.4	28.5	28.8	30.7
<b>III</b>	27.1	28.5	27.8	28.2	28.2	30.4	30.6	29.6	31.9	29.8
<b>IV</b>	29.8	28.9	28.7	27.8	28.4	27.6	28.5	30.8	27.1	29.9
<b>PROMEDIO</b>	<b>28.5</b>	<b>29.1</b>	<b>28.5</b>	<b>28.2</b>	<b>28.6</b>	<b>29.6</b>	<b>29.3</b>	<b>29.8</b>	<b>28.9</b>	<b>30.3</b>

**ANEXO 22: Comparativo entre tratamientos de pesos vivos a los 10 días, 21 días y 42 días.**

PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL	PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN	PESO VIVO 10 DÍAS, (g)	PESO VIVO 21 DÍAS, (g)	PESO VIVO 42 DÍAS, (g)
NRC 1994	2 fases	285	797	2903
	3 fases	279	802	2917
COBB	2 fases	276	795	2798
	3 fases	286	808	2738
BAKER	2 fases	279	825	2769
	3 fases	279	800	2802
CVB	2 fases	280	815	2690
	3 fases	279	819	2747
KOREA	2 fases	280	782	2778
	3 fases	278	803	2694

**ANEXO 23: Comparativo entre tratamientos de la performance productiva en la etapa de 0 – 10 días.**

PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL	PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN	GANANCIA DE PESO (g)	CONSUMO DE ALIMENTO (g)	CONVERSIÓN ALIMENTICIA
NRC 1994	2 fases	241	251	1.04
	3 fases	235	241	1.03
COBB	2 fases	233	248	1.07
	3 fases	242	256	1.06
BAKER	2 fases	235	248	1.06
	3 fases	235	250	1.06
CVB	2 fases	236	244	1.03
	3 fases	236	240	1.02
KOREA	2 fases	236	245	1.04
	3 fases	233	245	1.05

**ANEXO 24: Comparativo entre tratamientos de la performance productiva en la etapa de 11 – 21 días.**

PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL	PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN	GANANCIA DE PESO (g)	CONSUMO DE ALIMENTO (g)	CONVERSIÓN ALIMENTICIA
NRC 1994	2 fases	513	819	1.60
	3 fases	523	822	1.57
COBB	2 fases	519	811	1.56
	3 fases	523	825	1.58
BAKER	2 fases	546	851	1.56
	3 fases	521	773	1.48
CVB	2 fases	536	789	1.47
	3 fases	539	813	1.51
KOREA	2 fases	502	789	1.57
	3 fases	526	782	1.49

**ANEXO 25: Comparativo entre tratamientos de la performance productiva en el crecimiento (22 – 42 días).**

PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL	PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN	GANANCIA DE PESO (g)	CONSUMO DE ALIMENTO (g)	CONVERSIÓN ALIMENTICIA
NRC 1994	2 fases	2106	3705	1.76
	3 fases	2115	3653	1.73
COBB	2 fases	2003	3520	1.76
	3 fases	1930	3668	1.90
BAKER	2 fases	1944	3457	1.78
	3 fases	2002	3677	1.84
CVB	2 fases	1874	3364	1.79
	3 fases	1929	3543	1.84
KOREA	2 fases	1995	3775	1.89
	3 fases	1890	3510	1.86

**ANEXO 26: Comparativo entre tratamientos de la performance productiva en el inicio (0 – 21 días).**

PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL	PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN	GANANCIA DE PESO (g)	CONSUMO DE ALIMENTO (g)	CONVERSIÓN ALIMENTICIA
NRC 1994	2 fases	754	1046	1.39
	3 fases	758	1054	1.39
COBB	2 fases	752	1049	1.40
	3 fases	765	1074	1.40
BAKER	2 fases	781	1088	1.39
	3 fases	757	1007	1.33
CVB	2 fases	772	1031	1.34
	3 fases	775	1045	1.35
KOREA	2 fases	738	1020	1.38
	3 fases	759	989	1.30

**ANEXO 27: Comparativo entre tratamientos de la performance productiva acumulada por campaña (0 – 42 días).**

PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL	PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN	GANANCIA DE PESO (g)	CONSUMO DE ALIMENTO (g)	CONVERSIÓN ALIMENTICIA
NRC 1994	2 fases	2859	4639	1.62
	3 fases	2874	4709	1.64
COBB	2 fases	2754	4570	1.66
	3 fases	2694	4667	1.73
BAKER	2 fases	2725	4508	1.65
	3 fases	2758	4727	1.71
CVB	2 fases	2646	4578	1.73
	3 fases	2703	4558	1.69
KOREA	2 fases	2734	4772	1.75
	3 fases	2650	4619	1.74

**ANEXO 28: Comparativo entre tratamientos de rendimiento de carcasa y rendimiento de pechuga.**

PERFIL DE PROTEÍNA IDEAL	PROGRAMA DE ALIMENTACIÓN	RENDIMIENTO DE CARCASA (%)	RENDIMIENTO DE PECHUGA (%)
NRC 1994	2 fases	74.1	28.5
	3 fases	75.2	29.1
COBB	2 fases	73.9	28.5
	3 fases	72.3	28.2
BAKER	2 fases	75.4	28.6
	3 fases	72.6	29.6
CVB	2 fases	74.8	29.3
	3 fases	75.1	29.8
KOREA	2 fases	75.0	28.9
	3 fases	73.8	30.3

**ANEXO 29: Resultado del análisis proximal de las dietas experimentales de los tratamientos bajo un programa de alimentación de dos fases (en base tal como ofrecido).**

PARÁMETROS	PERIODO									
	INICIO					CRECIMIENTO				
	0-21 d					22-42 d				
	NRC1994	COBB	BAKER	CVB	KOREA	NRC1994	COBB	BAKER	CVB	KOREA
Proteína cruda, %	20.4	20.9	21.4	22.3	21.6	19.7	20.7	18.8	20.0	18.6
Humedad, %	12.4	12.7	12.6	12.8	12.3	13.6	13.1	13.0	13.1	12.9
Extracto etéreo, %	5.4	5.5	5.6	5.7	5.2	6.7	6.8	6.7	6.5	6.6
Fibra cruda, %	2.6	2.7	2.8	2.8	2.7	2.6	2.5	2.6	2.7	2.4
Ceniza, %	2.7	2.6	3.2	3.3	3.1	3.0	2.5	2.5	2.6	2.8
Nifex , %	56.5	55.6	54.4	53.1	55.1	54.4	54.4	56.4	55.1	56.7
Total, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

**ANEXO 30: Resultado del análisis proximal de las dietas experimentales de los tratamientos bajo un programa de alimentación de tres fases (en base tal como ofrecido).**

PARÁMETROS	PERIODO														
	PRE-INICIO					INICIO					CRECIMIENTO				
	0-10 d					11-21 d					22-42 d				
	NRC1994	COBB	BAKER	CVB	KOREA	NRC1994	COBB	BAKER	CVB	KOREA	NRC1994	COBB	BAKER	CVB	KOREA
Proteína cruda, %	20.3	20.7	21.3	21.6	21	21.1	21.0	19.2	21.0	19.8	22.6	19.3	18.9	18.9	18.6
Humedad, %	12.3	12.8	13.5	12.6	12.8	12.4	13.0	13.0	12.0	13.0	13.2	13.8	13.4	13.4	13.7
Extracto etéreo, %	6.1	6.7	6.2	6.6	6.3	5.6	5.4	5.3	5.5	5.7	7.7	7.9	6.6	6.4	6.4
Fibra cruda, %	2.8	2.7	2.7	2.9	2.6	2.8	2.6	2.7	2.7	2.5	2.7	2.6	2.4	2.5	2.6
Ceniza, %	3.2	2.8	3.0	3.5	3.3	3.2	3.0	2.7	2.8	2.8	3.5	3.2	2.9	2.7	2.5
Nifex , %	55.3	54.3	53.3	52.8	54.0	54.9	55.0	57.1	56.0	56.2	50.3	53.2	55.8	56.1	56.2
Total, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100